வானவியலின் எல்லைகள்

(FRONTIERS OF ASTRONOMY)

ஆசிரியர்:
ஃபிரெட் ஹாயில்

தமிழாக்கம்:
தி.வி.லட்சுமிநரசிம்மன்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த.பா.நி. (க.வெ.) வரிசை எண்—300

வானியலின் எல்லைகள்

(FRONTIERS OF ASTRONOMY)

ஆசிரியர்
ஃபிரட் ஹாயில்

தமிழாக்கம்
டாக்டர் தெ. வி. லட்சுமிநரசிம்மன்,
எம்.ஏ., எம்.எஸ்ஸி., பிஎச்.டி.,
கணிதப் பேராசிரியர்,
சென்னைக் கிறித்துவக் கல்லூரி,
தாம்பரம், சென்னை.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition--March, 1972

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 300

© Tamil Nadu Text Book Society

FRONTIERS OF ASTRONOMY

FRED HOYLE

Translation

Dr. T. V. LAKSHMINARASIMHAN

Net Price Rs. 8-00.

(No discount)

This Tamil edition of *Frontiers of Astronomy* by Fred Hoyle is published by arrangement with M/s. Heinemann Group of Publishers, 15-16, Queen Street, Mayfair, London.

'Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare.'

Printed by

Ravishankar Printers,

84, Perambur Barracks Road,

Madras-7.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வி—உள்ளாட்சித்துறை அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினோராண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன் வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்ல வேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'வானவியலின் எல்லைகள்' என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 300ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 335 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின், மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

இந்தப் புத்தகத்தில் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் ஆராய்ச்சிகளைப் பொறுத்தவரை என்னோடு ஒத்துழைத்தவர்களுக்கு நன்றி கூறுவது மகிழ்ச்சியைத் தருவதாகும். ஆறாம் அத்தியாயத்தைப் பொறுத்தவரை திரு T. கோல்ட் (T. Gold) அவர்களுக்கும், ஏழாம் அத்தியாயத்தைப் பொறுத்தவரை பேராசிரியர் போண்டி (Prof. Bendi) அவர்களுக்கும், டாக்டர் R. A. லிட்டில்டன் (Dr. R. A. Littleton) அவர்களுக்கும், அத்தியாயம் எட்டு, ஒன்பது இவற்றில் கொடுக்கப்பட்ட பொருள்களைப் பொறுத்தவரை டாக்டர் மார்ட்டின் ஷ்வார்ஜ்சில்டு (Dr. Martin Schwarschild) அவர்களுக்கும் என் நன்றியைத் தெரிவிக்கின்றேன்.

இதனோடு மிகவும் சிக்கல் வாய்ந்த பிரச்சினைகளை வாதாடித் தீர்த்த அநேக வானநூல் அறிஞர்களுக்கும் நான் நன்றி தெரிவிக்க விரும்புகிறேன். இவர்கள் அநேக கருத்துகளில் என்னைச் சரியானபடி (நான் எதிர்பார்க்கும் நிலையில்!) திருத்தி இருக்கிறார்கள்.

இந்த நூலில் விளக்கமாகக் கொடுக்கப்பட்ட ஒளிப் படங்களைக் கொடுத்துதவிய அநேக சோதனைக்கூடங்களுக்கு நான் மிகவும் நன்றிக் கடன்பட்டவன். தனிப்பட்ட வானநூல் அறிஞர்களும் மிகவும் பொருத்தங்களோடு அவரவர்களின் சொந்த ஒளிப் படங்களை எனக்குக் கொடுத்துதவியிருக்கின்றனர். இந்த வகையில் என் நன்றி டாக்டர் பார்ட். J. பாக் (Dr. Bart. J. Bok), டாக்டர் பீட்டர் வான் டி காம்ப் (Dr. Peter van de Kamp), திரு. W. மில்லர் (Mr. W. Miller), திரு. M. ரைல் (Mr. M. Ryle), மற்றும் டாக்டர் பிரிட்ஜ் ஸ்விக்கி (Dr. Fritz Zwicky) ஆகியவர்களுக்கு உரித்தாகும்.

பொருளடக்கம்

			பக்கம்
	முன்னுரை	...	xv
1.	புவியைப்பற்றிய விவரங்கள்	...	1
2.	பவனி புரியும் புவி	...	24
3.	தாய் கோள்	...	49
4.	பௌதிகத்தின் பலவகைப் பயன்	...	70
5.	சந்திரன், மற்றும் கோள்களைப்பற்றிய பொதுக் கருத்துகள்	...	81
6.	கோள்களின் தோற்றம்	...	101
7.	ஞாயிற்று மண்டலத்தின் புதிர்	...	129
8.	ஞாயிறும் அதன் வளர்ச்சியும்	...	154
9.	நடுத்தர அமைப்பையுடைய விண்மீன்களின் வளர்ச்சி	...	177
10.	வானவெளித் தொலைவுகளை அளவிடுதல்	...	193
11.	குறுமீன்களும் பெருமீன்களும்	...	212
12.	வெடிக்கும் விண்மீன்கள்	...	241
13.	நம் அண்டத்தின் சுருள் கிளைகள்	...	267
14.	நம் அண்டத்தின் கிளைகளிலுள்ள விண்மீன்களின் பிறப்பு	...	278
15.	அண்டத்தை ஒரு சாத்தியமாகக் கருதுவது	...	301
16.	அண்டங்களின் உலகம்	...	323
17.	அண்டங்களின் ஆக்க அமைப்பு	...	347
18.	விரியும் பேரண்டம்	...	362
19.	அண்டத்தில் காட்சி ஆய்வுகள்	...	385
20.	பொருளின் தொடர்ச்சியான தோற்றம்	...	409
	பின்னுரை	...	419
	கலைச்சொற்கள்	...	426
	பொருட்குறிப்பு	...	430

ஒளிப் படங்களின் பட்டியல்

I—X. இந்த எண் வரிசையில் உள்ள ஒளிப் படங்களின் முழுப் பகுதிகளையும் 72, 73 பக்கங்களுக்கு இடையில் காணலாம்.

I. குதிரைத் தலை நெபுலா.
II. ஹேலியின் வால்மீன் (Halley's Comet).
III. வில் பார்வை நிலையத்தில் ஒரு காட்சி.
IV. செவ்வாய்.
V. வெள்ளி என்ற கோள்.
VI. சனி என்ற கோள்.
VII. வியாழன் என்ற கோள்.
VIII. இரண்டாம் கால் பகுதியில் சந்திரன்.
IX. முழு நிலா.
X. கோபர்நிகஸ் என்ற எரிமலை வாயும் அதன் சுற்றுப் புறங்களும்.

XI—XXI. இந்த எண் வரிசையில் உள்ள ஒளிப் படங்களின் முழுப் பகுதிகளையும் 152, 153 பக்கங்களுக்கு இடையில் காணலாம்.

XI. ஓரியன் நெபுலா.
XII. 1900ஆம் ஆண்டு மே மாதம் 28ஆம் தேதி நிகழ்ந்த ஞாயிற்றின் முழு மறைவு (Eclipse) நிகழ்ந்தன்று ஞாயிற்றின் ஒளி வட்ட அமைப்பு (Carona).
XIII. 1918ஆம் ஆண்டு ஜூன் மாதம் 8ஆம் நாள் நிகழ்ந்த முழு மறைவு நிகழ்ந்தன்று ஞாயிற்றின் ஒளிவட்ட அமைப்பு.
XIV. மிகப் பெரிய ஒரு ஞாயிற்றுச் சுடர்க் கொழுந்து.
XV. ஞாயிற்றுக் கறைகள்.

XVI. 1926 ஆம் ஆண்டு ஜனவரி மாதம் 14 ஆம் நாளன்று நிகழ்ந்த ஞாயிற்றின் முழு மறைவு தினத்தில் ஞாயிற்றின் ஒளிவட்ட அமைப்பு.
XVII. கார்த்திகை (Pleiades).
XVIII. உருண்டைக் கொத்துகள் M 3.
XIX. நிலையில் 200அங். தொலைநோக்கி.
XX. பாலமர் மலையிலுள்ள 48 அங். ஸ்மிட் (Schmidt) தொலைநோக்கி.
XXI. M 31 என்ற அண்டம்.

XXII—XXXI. இந்த எண் வரிசையில் உள்ள ஒளிப் படங்களின் முழுப் பகுதிகளையும் 184, 185 பக்கங்களுக்கு இடையில் காணலாம்.

XXII. பெரிய மெகலன் புகைமண்டலம்.
XXIII. சிறிய மெகலன் புகைமண்டலம்.
XXIV. 'உர்சா மேஜரில்' M 81 என்னும் அண்டம்.
XXV. பால் மண்டலத்தின் ஒரு பகுதி.
XXVI. NGC 4594 என்ற அண்டம்: 'சொம்பிரேரோ தொப்பி'.
XXVII. M 87 என்ற உருண்டை அண்டம்.
XXVIII. விண்மீன் கிருகர் 60 B-ல் (Kruger 60 B) ஒளிச் சுடர்.
XXIX. நண்டு நெபுலா.
XXX. அன்னத்தில் கொக்கிபோல் உள்ள நெபுலா.
XXXI. 'குதிரையின் தும்பிக்கை.'

XXXII—XL. இந்த எண் வரிசையில் உள்ள ஒளிப் படங்களின் முழுப் பகுதிகளையும் 232, 233 பக்கங்களுக்கு இடையில் காணலாம்.

XXXII. ரோஸெட் (Rosette) நெபுலா.
XXXIII. NGC 6611.
XXXIV. டிரிபிட் (Trifid) நெபுலா.
XXXV. கெசியோபியாவிலுள்ள கதிர் நடத்துங் கருவி.
XXXVI. IC 1613.
XXXVII. M 33 என்ற அண்டம்.
XXXVIII. கன்னி வான் முகிலின் மண்டலங்கள்.
XXXIX. வால்மீன் கொத்தின் நடுப்பகுதிகள்.
XL. போரியாலிஸ் என்ற ஒளிவட்ட அமைப்பில் அண்டக் கொத்து.

XLI—L. இந்த எண் வரிசையில், உள்ள ஒளிப் படங்களின் முழுப் பகுதிகளையும் 264, 265 பக்கங்களுக்கு இடையில் காணலாம்.

XLI. ஹைடிராவில் (Hydra) அண்டக் கொத்து.
XLII. விண்வெளியில் நீள்மை.
XLIII. 200 அங்குல ஹேல் தொலைநோக்கி.
XLIV. 200 அங்குல ஹேல் தொலைநோக்கியின் படம்.
XLV. குழுக்கமிழ நீள்கோள அண்டங்கள்.
XLVI. NGC 2841 என்ற அண்டம்.
XLVII. M 51 என்ற அண்டம்.
XLVIII. சுருள் வடிவ அண்டப் பிரிவு.
XLIX. சிக்னஸில் மோதும் அண்டங்கள்.
L. NGC 147 என்ற அண்டம்.

LI—LIX. இந்த எண் வரிசையில் உள்ள ஒளிப் படங்களின் முழுப் பகுதிகளையும் 344, 345 பக்கங்களுக்கு இடையில் காணலாம்.

LI. NGC 5128 என்ற அண்டம்.
LII. லியோ (Leo) அண்டக் குழு.
LIII. அண்டங்களின் ஓர் இணைப் பாலம்.
LIV. M 74 என்ற அண்டம்.
LV. NGC 7217 என்ற அண்டம்.
LVI. NGC 1300 என்ற அண்டம்
LVII. பேரண்டம் விரிவதற்கான சான்றுகள்.
LVIII. கேம்பிரிட்ஜிலுள்ள எதிர் இயக்கத் தொலைநோக்கி.
LIX. லைரா நெபுலா.

வரைபடப் பட்டியல்

1.	பூமியின் உட்புறம்	26
2.	C^{14}-ன் சிதைவு	71
3.	எரிமலை வாய்களின் விட்டங்களும் ஆழங்களும்	96
4.	ஞாயிற்றுக் குளிர்வின் சுருக்கம்	107
5.	காந்தக் கதிர்கள்	112
6.	உயிர் வகையின் தோற்றம்	124
7.	நிலக்காந்தப் புலம்	133
8.	ஞாயிற்றின் அருகைப் பகுதி	134
9.	உள் வீழ்ச்சிப் பொருளும் மனைக் சுரோளுவும்	144
10.	ஞாயிற்றின் உட்புற சக்தி ஓட்டம்	161
11.	ஹெர்ட்ஸ்ப்ருங்-ரஸ்ஸல் படம்	163
12.	விண்மீன் சம அரங்கனைக் குறிக்கும் நிலைப்படம்	164
13.	முக்கியத் தொடர் வரிசைகள்	167
14.	கனமான விண்மீன்களின் படிமுறை வளர்ச்சி	169
15.	கலக்கப்படாத விண்மீன்களின் படிமுறை வளர்ச்சி	171
16.	மூத்த கால விண்மீன் குழுவின் படிமுறை வளர்ச்சி	173
17.	உருண்டைக் கொத்து M_3-ன் விண்மீன்கள்	174
18.	உருண்டைக் கொத்து M_{92}-ன் விண்மீன்கள்	176
19.	ஹீலியம் என்ற கனப்பொருளை உள்ளடக்கிய விண்மீன்	180
20.	RR லைரி விண்மீன்கள், மேல் அலைவிற்கும் நேரத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு	189
21.	வெண் குறுமீன்களின் படிமுறை வளர்ச்சிப் பாதை	190
22.	RR லைரி விண்மீன்களின் இயல்பான ஒளியின் அளவை நிர்ணயித்தல்	196
23.	விண்வெளியில் காணும் அண்டத்தின் திட்ட வரைபடம்	198
24.	அண்டத்தின் மையதூரத்தைக் கணக்கிடல்	199
25.	ஒரு வட்டம்	200
26.	நம் அண்டத்தைச் சுற்றியுள்ள ஒளிவட்டம்	202

27. ஒரு முக்கோணம் 205
28. திசை அளவைகள் 206
29. ஒரு முக்கோணம் 206
30. மற்றொரு முக்கோணம் 207
31. பலவகை விண்மீன்கள் 213
32. அண்மையில் உள்ள விண்மீன்கள் 217
33. படிமுறை வளர்ச்சியின் கற்பிதக் கொள்கை 222
34. சிஃபைடு மண்டலம் 223
35. சிஃபைடின் தோற்ற அளவு 224
36. சிஃபைடின் ஒளி அளவு 224
37. கார்த்திகை விண்மீன்கள் 229
38. திறந்து காணப்படும் கொத்துகளில் அடுக்குத் தோற்றம் 231
39. பிரிஸெபி (Praesepe) என்ற திறந்து காணப்படும் கொத்தின் விண்மீன்கள் 232
40. ஆல்கோல் இரட்டை விண்மீன்களின் இயக்கம் 234
41. ஆல்கோல் இரட்டை விண்மீன்களின் ஒளிப்பாதை 234
42. ஆல்கோல் இரட்டை விண்மீன்களின் நிகழ்தற்குரிய உருமலர்ச்சி 235
43. மூலப்பொருள் பரிமாற்றத்தால் விளையும் ஆல்கோல் இரட்டை விண்மீன்களின் உருமலர்ச்சி 238
44. மூலப்பொருள் பரிமாற்றம் அற்ற ஆல்கோல் இரட்டை விண்மீன்களின் உருமலர்ச்சி 239
45. மும்மண்டலங்கள் கொண்ட ஒரு விண்மீன் 244
46. நான்கு மண்டலங்கள் கொண்ட ஒரு விண்மீன் 247
47. ஏழு மண்டலங்கள் கொண்ட ஒரு விண்மீன் 250
48. கெசக்கோல் முறையில் தொலைவுகளை நிர்ணயித்தல் 256
49. படிமுறை வளர்ச்சியின் கற்பிதக் கொள்கை 259
50. M 31 அண்டத்தின் திட்ட வரைபடம் 271
51. ஒரு விண்மீனின் இயல்பான ஒளியை நிர்ணயிக்க முக்கிய வரிசையைப் பயன்படுத்துதல் 272
52. திட்டத்தில் நம் அண்டம் 274
53. இரு வாயு மண்டலங்களின் ஊடே நோக்கல் 275
54. ζ பெர்சி (Persei) விண்மீன் கொத்தின் அமைவுகள் 281
55. வாயு ரலைகளைத் தோற்றுவித்தல் 294
56. ஆற்றல் நிலைகள். 310
57. வெவ்வேறு வகைகளைச் சேர்ந்த ஒளி அலைகளின் வெளியீட்டிற்குரிய அளவு என் தொடர்பு 319
58. நீள்வட்டத் தொடர் வரிசை. 328
59. காப்பிக் கோப்பை விளைவு 344

60.	ஒரு தனிச்சிறப்பு அண்ட முகிலின் வெப்பநிலை அதன் ஆற்றலின் வழங்குதலைத் தழுவி இருத்தல்	351
61.	வெப்ப, வளிமிலக்க அமைவுகள்	352
62	படிக்கோட்டுத் தொகுதி	355
63.	அண்டங்களின் இணைப்பிறுக்கம்	357
64.	அண்டங்களின் நிறப்பெயர்ச்சி வேகத்திற்கும் தூரத்திற்கும் உள்ள நேர்படித் தொடர்பு	372
65.	M 32-ன் வண்ண வரைவு	400
66.	வண்ண வரிசையின் மீது அண்டங்களின் நிறப்பெயர்ச்சியின் விளைவு	401
67.	M 32-ம் அன்ரோமிடாக் கொத்திலுள்ள அண்டத்திற்குரிய வண்ண வரைவுகளின் நடு ஒப்புமை	403

முன்னுரை

ஒரு நாணயத்தின் சுழற்சி தகுந்த வாய்ப்பைப் பொறுத்தது. அதே போல்தான் நம் மனத்தில் தோன்றும் கருத்துகளுமாகும். எந்தக் குறித்த நேரத்தில் ஒரு மனிதனின் மூளையில் ஒரு புதிய கருத்து ஏற்படுகின்றது என்பதை உதாரணமாகக் கொள்ளலாம். ஆனால், வாய்ப்பு என்பது உடனடியாக அளவுக்கு மீறிப் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. எதையாவது நம்மால் புரிந்துகொள்ள முடியவில்லை யென்றால் உடனடியாக ஏதோ நமக்குத் தெரியாத எதேச்சையான மாறுதலைக் கண்டுபிடிக்க முடியாததனால் நமக்கு அறியாமை ஏற்படுகின்றது என்று அடிக்கடி நினைக்கப்படுகிறது. இந்த நிலை வான நூலைத் தவிர வேறு எதிலும் எளிதாக ஏற்படுவதில்லை. ஆனால், வான நூலைப்போன்று தற்செயல் நிகழ்வு குறைந்த முக்கியத்துவம் உடைய ஆராய்ச்சிகள் கிடையா. பேரண்டம் தன்னுடைய நாடகத்தை நடிக்கும் பெரிய நாடக மேடையில் தற்செயல் நிகழ்வு (chance), ஒன்றுபடுகிற நிலை (coincidence) ஆகிய இரட்டை பாகங்களுக்கு யாதோர் இடமும் கிடையாது. பரந்து விரியும் தொகுதிகளான அண்டங்களிலிருந்து மிகவும் எளிய கோள்வரை, இதன்மேல் வாழும் உயிர்கள் உட்பட, ஒரு வலுவான ஏது விளைவுக் (cause and effect) கொள்கை இருப்பதாகத் தெரிகின்றது. சிலசமயங்களில் தற்செயலான நிகழ்ச்சிகளிருக்கும். ஆனால், பெரிய நிகழ்ச்சிகளைப் பொறுத்தவரை இது யாதொரு விதமான பாதகத்தையும் ஏற்படுத்தாது.

இந்தப் புத்தகத்தின் முக்கியப் பொருள் (main theme) யாதெனில், ஒன்றுபடுகிற நிலையையும் தற்செயல் நிகழ்வுகளையும் சொல்முறையினின்றும் நீக்குவதே; குறிப்பிட்ட வான் நிகழ்ச்சிகள் எவற்றையும் விளக்கும் நோக்கம் இந் நூலுக்கு இல்லை. முதல் அத்தியாயமும் கடைசி அத்தியாயமும் பொருள் வகையில் பொதுவான உண்மைகளை உடையன அல்ல. ஆனால், இவை இந்த அடிப்படை நோக்கத்திலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

விஞ்ஞானிகளிடையே வான நூல் அறிவியலே உதவியற்ற ஒரு நிலையில் இருப்பது போல் முதலில் தோன்றும். அவன் பேரண்டத்தைச் சொல்முறையில் ஆராய முடியாது. மற்ற விஞ்ஞானத் துறைகளில் சோதனை ஆராய்ச்சி செய்கின்றோம்; ஆனால், வான நூலில் காட்சி ஆராய்ச்சியைப் (observational work) பற்றித்தான் பேசுகின்றோம் என்பது குறிப்பிடத்

தக்கது. ஒரு வான நூல் அறிஞன், மற்ற விஞ்ஞானத் துறைகளில் ‘வெளி’ ஆய்வாளர்கள் தமக்கு வேண்டிய பொருளைக் குறிப்பாகவும் முனைப்பாகவும் ஆராய்வதுபோல், பேரண்டத்தைச் சுற்றிச் சென்று குறிப்பிட்ட பொருளைக் கூர்ந்து கவனித்து ஆராய்ச்சி செய்ய முடியாது. இவர்கள் விண்மீன்கள் போன்ற பொருள்களை அவை எப்படி வேலை செய்கின்றன என்பதைக் கண்டுபிடிக்க அவற்றைத் துண்டுகளாகப் பிரித்துப் பார்க்க முடியாது; இந்த முறையை பௌதிகர்கள் (Physicists) கையாளுகின்றனர். அவர்களோடு ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால், வான நூல் அறிஞர்கள் அடக்கவொடுக்கமான நிலையில் இருக்கவேண்டும். இவர்கள் ஒரு தொலை நோக்கியினுள் இன்னும் அதிக ஒளியை அனுமதிப்பதற்கு ஏற்றவாறு இதைப் பெரிதாக்கலாமே தவிர இதனுள் வரும் ஒளியை மாற்ற முடியாது. ஒளியை ஆராய இன்னும் கூர்மையான முறைகளை இவர்கள் பயன்படுத்த முடியும். இருந்தாலும் ஒரு சிறந்த அனுகூலம் வான நூல் அறிஞனுக்கு உண்டு. அதாவது, கண்டறிய வேண்டிய பொருள்களின் பல வகைகள். பேரண்டம் மிகவும் பரந்ததாகும். வான நூலில் கவனிக்கத்தக்க கால அளவுகள் மிகவும் அதிகமாகும். ஆகையினும் இன்னும் நாம் நினைக்கக்கூடிய வான நிகழ்ச்சிகளில் ஒவ்வொன்றும் எங்கேயோ நிகழ்ந்து கொண்டிருக்கின்றது. வான நூலறிஞனின் பிரச்சினை தகவல் கிடைக்கவில்லையே என்பது இல்லை. திக்குமுக்காடும் வகையில் அளவுக்கு மீறித் தகவல்கள் கிடைத்திருப்பதே யாகும். இவனுடையது பிரித்துக் காணும் பிரச்சினையே யாகும்; ஒன்று சேர்த்துக் காண்பதன்று. இவனுக்குக் கிடைத்த ஏராளமான தகவல்களில் எவை முக்கியம், எவை தேவைப்படாதவை என்பதைத் தீர்மானிக்க வேண்டியது இவன் பொறுப்பாகும். தொலை நோக்கியினுள் புகும் ஒளி உண்மையாகவே விசித்திரமான சிக்கல் வாய்ந்த தகவல்களை உடையதாகும். இந்தச் சிக்கலைத் தீர்ப்பதற்கே வான நூல் தத்துவங்கள் தோன்றி இருக்கின்றன. வான நூல் தத்துவங்களின் கருவிகள் நேரிடையாகப் பௌதிகம், இரசாயனம், வளி இயக்கவியல் (aerodynamics) இன்னும் குறைந்த அளவில் இதர விஞ்ஞானத் துறைகள் இவற்றிலிருந்து கிடைக்கப் பெறும். அநேகமாக, பயன்படுத்தப்படும் கோட்பாடுகள் நமக்கு நன்றாக அறிமுகமானவையும் நன்றாகக் கையாளப்பட்டவையுமாகும். ஆனால், சில சமயங்களில் இவை அவ்வளவு நன்றாக அறிமுகமாகாதவையாகவும், சில சமயங்களில் அறிவின் எல்லைப்புறங்களைச் சேர்ந்தவையாகவும் இருக்கின்றன.

1. பூமியைப் பற்றிய விசித்திரங்கள்
(Oddities About the Earth)

ஏனைய மிருகங்களை விட மனிதன் வெகுவாக முன்னேறிவிட்டான் என்பதற்கான ஆதாரம் எது? உணவு, உடை, பாதுகாப்பு ஆகியவற்றை நாடும் முயற்சிகளில் எவ்வளவு திறமை காட்டுகிறானும் அந்தத் திறமையால் மட்டும் அவன் மேம்பாடு உறுதிப்படுவதில்லை. பேரண்டத்தில் ஆதார அமைப்பையே ஆழ்ந்து அறியும் அவனது செயலிலுந்தான் மனித மேம்பாடு வலிமையுறுகின்றது. அவனது எண்ணக் குவியல்களிலும், பேரண்டத்தினூடுள்ள அவனது பூமியின் தொடர்பிலுமே மனிதனின் உயர்வு வெளிப்படுகிறது. மனிதனுடைய எழுச்சியானது கருத்துகளில் ஏற்பட்ட ஒரு துணிகரமான செயல் என்று பொருத்தமாக வருணிக்கலாம்.

இப்புத்தகம், இத்தகு துணிகரமான செயலைக் குறிப்பிடும் அத்தியாயங்களின் தன்மையைப் பற்றியதாகும். இது சில விதங்களில் மிக்க கவர்ச்சிச் சிறப்புடைய அத்தியாயமாகும்—பேரண்டத்தின் பெரிய அளவிலான (large scale) அமைப்புகளை அவைகளுக்குரிய கம்பீரத்துடன் நம் முன் விரியத் தொடங்கும் அத்தியாயமாகும். தொடக்கத்திலேயே சிறப்பை நாம் எதிர்பார்க்க முடியாது. இதற்குப் பதில் எளிமையான முறையில், பூமியையே முதலில் எடுத்துக்கொண்டு ஆரம்பிக்க வேண்டும்.

நாம் பூமியைப் பற்றிய ஓர் எளிய கேள்வியிலிருந்து ஆரம்பிப்போம்.

ஒரு நாள் ஏன் 24 மணி நேர அளவுடையதாயுள்ளது?

பூமியின் ஒரு பாதியானது சூரியனால் ஒளிப்படுத்தப்படுகிறது. மற்றொரு பாதி, நிழலால் சூழப்பட்டுள்ளது. பூமியின் சுழற்சி

காரணமாய் நாம் நிரந்தரமாக ஒளியிலிருந்து நிழலுக்கும், நிழலி லிருந்து ஒளிக்குமாக மாறி மாறிச் சுழலுகிறோம். இரவு, பகல் என்னும் நிகழ்ச்சிகளின் ஊர்வலத்தை அனுபவத்தில் காண்கிறோம். (இறைச்சியை நெருப்பில் பதப்படுத்த உதவும்) இருப்பு முள் (spit) என்ற ஒன்று, பூமியின் ஊடே பொருத்தி வைக்கப்பட் டிராவிட்டாலும் அதன் இணைப்பைப் (joint) போன்று, பூமி யானது சூரியனைச் சார்ந்தபடி சுழல்கிறது. சூரியனைச் சுற்றும்படி யான நமது வருடாந்திரப் பிரயாணத்தின்போது வெளியிடத்தில் கட்டுப்பாடின்றி நகருவதைப் போன்று இச்சமயத்தில் நாம் வெளி யிடத்தில் கட்டுப்பாடின்றி நகருகிறோம்.

இப்பொழுதைய வேகத்தைவிடக் குறிப்பிடும்படியான அதிக வேகத்துடன் கடந்த காலத்தில் பூமி சுழன்றுகொண்டிருந்தது. பூமியின் தோற்றக் காலத்தில் இரவு, பகல், என்ற சுழன்று வரும் நிகழ்ச்சியின் (cycle) கால இடைவெளி 10 மணி அளவே இருந் திருக்கலாம். இதற்கேற்றவாறு பூமியின் சுழற்சி வேகமானது, அதன் வாழ்வின் ஆரம்பகாலத்திலிருந்து இன்றுவரை நடைபெற்று முடிந்த 4,000 மில்லியன் ஆண்டுகளில் தணிக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். இந்த முட்டுக்கட்டை போடும் செயலுக்குச் செயற் கருவி (agency) எது என்பது தெரிந்திருக்கிறது. தினம் இருமுறை, சூரியன் மற்றும் சந்திரனால் எழுப்பப்படும் அலை எழுச்சிகளே இக் கருவியாகும். கடல் அலை எழுச்சிகள் (oceanic tides) கண்டங் களின் ஓரங்களின்மேல் மோதும்போது ஓர் உராய்வு எதிர்ப்பு (frictional resistance) ஏற்படுகிறது. இந்த உராய்வானது பூமியின் சுழற்சியினால் ஏற்படும் சக்தியைக் கொண்டு வெப்பத்தை உண்டு பண்ணி அதன் மூலம் பூமியின் சுழற்சி வேகத்தைச் சற்றே குறைக்கிறது. பூமியின்மேல் சந்திரன் ஏற்படுத்தும் விளைவுக்குக் கைம்மாறாகச் சந்திரன் தன்னைப் படிப்படியாக தம்மை விட்டு மேலும் மேலும் தூரத்தில் தள்ளும்படியான ஒரு சக்தியை உணரு கிறது.

பூமியின் சுழற்சியானது அது தோற்றுவிக்கப்பட்ட நேரத்தி லிருந்து தொடர்ச்சியாய், வேகத்தில் குறைந்து வந்து கொண்டிருக் கிறது என்று முன்பு நினைக்கப்பட்டது. ஆகவே, இப்பழைய கருத்தின்படி சுழற்சியின் வேகமானது 24 மணி நேரங்களாகக் குறைக்கப்பட்டுள்ள சமயத்தில் நாம் வசித்து வருகிறோம் என்பதா கிறது. பகல் இரவு மாறி வரும் முறையின் கால அளவானது கடந்த காலத்தில் 24 மணி நேரத்திற்கும் குறைவாய் இருந்ததா கவும், இனி எதிர் காலத்தில் அதன் கால அளவு அதிகரிக்கும் என்றும் நினைக்கப்பட்டது. ஆனால், E. R. R. ஹாம்பெர்த்

(Holmberg) என்பவரால் சொல்லப்பட்ட ஒரு சமீபத்திய கொள்கையானது கடைசியில் சொல்லப்பட்ட கருத்தை—அதாவது எதிர்காலத்தில் இந்த இரவு பகல் சுழற்சி முறையின் கால அளவானது 24 மணி நேரத்திற்கும் கூடுதலாயிருக்கும் என்ற கருத்தை ஒப்புக் கொள்ளவில்லை.

கடலின் அலை எழுச்சிகளில் ஏற்படும் வேகக் குறைவு சந்தேகத்திற்கிடமின்றி இன்னமும் ஏற்பட்டுக் கொண்டிருப்பதால், ஹோம்பெர்கின் இப்புதிய கருத்தானது, பூமியின் சுழற்சியை வேகமாக்கும்படியான ஒரு சரிக்கட்டும் (compensating) முறை இருக்க வேண்டுமென்று எடுத்துரைக்கிறது. இந்தப் புதிய வாதத்தின் முக்கிய நோக்கம், இம்மாதிரியான துரிதப்படுத்தும்படியான முறை உண்மையில் உள்ளது என்று கூறுவதேயாகும். இம்முறை எவ்வாறு வேலை செய்கிறது என்பதை அறிந்து கொள்ள நாம் ஒரு ஒப்புமையைக் (analogy) காண்போம். கம்பிச் சுருளிலிருந்து (spring) தொங்கும் ஓர் எடையை (weight) எடுத்துக் கொள்ளுங்கள். அந்த எடைக்கல்லைக் கீழே இழுத்துப் பின்பு விட்டு விடுங்கள். இப்பொழுது இந்த அமைப்பானது (system) மேலும் கீழுமாய் அசைவாட ஆரம்பிக்கும். இப்பொழுது ஒவ்வொரு அலைவின் (oscillation) போதும் ஒரே சமயத்தில் அந்த எடையைச் சற்றுத் தள்ளிவிட்டால், முற்றிலும் தீவிரமான (violent) ஓர் இயக்கம் ஏற்படுவதைக் காணலாம். ஓர் அலைவை ஒத்த அதிர்வின் (resonance) விசைப்படுத்துதல் என்று இந்நிகழ்ச்சி விவரிக்கப்படுகிறது. உந்துதல்கள் (pushes) சம்பந்தமுள்ள விசைப்படுத்தல் ஏற்படுகிறது. மேலும், இந்த உந்துதல்கள் ஒவ்வொரு அலைவின்போதும் ஒரே சமயத்தில் ஏற்படுமாறு சரிப்படுத்துவதால் ஒத்த அதிர்வு ஏற்படுகிறது.

இப்பொழுது பூமியின் வளிமண்டலமானது (atmosphere) எடை மற்றும் கம்பிச் சுருளைப் போன்று மேலும் கீழுமாய் அசைவாடுகிறது. காற்றின் அழுத்தமானது கம்பிச் சுருளைப் போலவும், வளி மண்டலத்தின் எடையானது மேற்கூறப்பட்ட எடைக்கல்லைப் போலவும் வேலை செய்கின்றன. இது மட்டுமல்ல, வளி மண்டலமானது கடல் அலை எழுச்சிகளை எழுப்பும் விசைகளைப் போன்ற தான விசைகளால் உந்தப்படுகிறது. கடல் அலை எழுச்சிகளை எழுப்பும் நிகழ்ச்சியில் முக்கியமானதான சந்திரனுடைய விளைவிக்கப்படும் விசையானது வளி மண்டலத்தின் அலைவுகளோடு, ஒத்த அதிர்வு ஏற்படுமாறு நடந்து கொள்ளவில்லை. இதன் விளைவாய், வளி மண்டலத்திலுள்ள வாயுக்களின் இயக்கங்களைக் குறிப்பிடும்படியான அளவில் இந்த விசையானது ஏற்படுத்துவதில்லை. இருப்

பினும், சூரியனின் விளைவாயுள்ள வலுக்குறைந்த உந்தல்கள் வளிமண்டலத்துடன் சேர்ந்தபடி ஒத்த அதிர்வை ஏற்படுத்துகின்றன. இதனால் காற்றின், மிகவும் குறிப்பிடும்படியாயுள்ள மேல்கீழ் இயக்கங்கள் உண்டாக்கப்படுவதான விளைவு ஏற்படுகிறது. இந்த இயக்கங்களோடு சேர்ந்தாற் போல், ஒரு நுட்பமான காற்று அழுத்தமானி (Barometer)யால் கண்டு பிடிக்கக்கூடிய அழுத்த அலைவுகள் (oscillations of pressure) ஏற்படுகின்றன. கடல் அலை எழுச்சிகளைப் போன்றே, இவற்றில் மாறுபாடுகளும் தினம் இரு தடவை ஏற்படுகின்றன. நடுப்பகலுக்கு இரண்டு மணி நேரம் முன்பும் நடு இரவுக்கு இரண்டு மணி நேரம் முன்பும் அழுத்தமானது மிக உச்சநிலையில் (maximum) இருப்பதாகக் காணப்படுகிறது. கவனிப்பு மிகுந்த ஒரு கணக்கீட்டின் (calculation) மூலம், வளிமண்டலத்தின் அலை எழுச்சிகள், நடுப்பகல் மற்றும் நடு இரவுக்கு முன்பாய் ஏற்படுவதான நிகழ்ச்சியானது, அதைத் துரிதப்படுத்த முயலும். பூமியின் மீது ஒரு திடீர் திருப்பத்தை (twist) முறுக்கலை ஏற்படுத்தும்படியான சூரியனின் ஈர்ப்புப்புலத்தை (gravitational field) ஏற்படுத்துகிறது என்று காண்பிக்கலாம்.

அவ்விதத்தில் ஏற்படும் திருப்பத்தின் பலத்தையும் கணக்கிடலாம். கடல் அலை எழுச்சிகளின் வேகக் குறைப்பு விளைவோடு (slowing-down effect) ஒப்பிடும்படியாயுள்ள ஒரு திருப்பத்தை ஏற்படுத்துகிறது என்பதான ஒரு மிக முக்கிய முடிவு (result) இதிலிருந்து வெளிப்படுகிறது. குறைப்பதான இந்த நிகழ்ச்சி ஹோம்பெர்கின் கொள்கைக்கு ஒத்த விதத்தில் ஏற்படுகிறது.

துரிதப்படுத்தும் முறையானது எல்லாச் சமயங்களிலும் கடல் அலை எழுச்சிகளின் வேகக் குறைப்பு விளைவை மிகச் சரியாக ஈடு செய்ய வேண்டியதில்லை என்பதை அறிந்துகொள்வது முக்கியமானதாகும். ஒரு சராசரி அளவில் அதாவது 100,000 ஆண்டுகள் என்ற காலத்தை அடிப்படையாகக் கொண்ட சராசரியில், இந்த இரு முறைகளும் ஒன்றையொன்று ஈடுசெய்து கொள்வதே போதுமானதாகும். எல்லாக் காலத்திலும் சரியான சமத்துவத்தை உண்மையில் எதிர்பார்க்க முடியாது. ஏனெனில், வேகக் குறைப்பு விளைவானது ஒரு சமயத்திலிருந்து மற்றொரு சமயத்தில் குறிப்பிடும்படியாக மிக வேகமாக மாறுபடக்கூடும். உதாரணமாக, கடைசிப் பனிக்கட்டி யுகத்தின் (ice-age)போது குறைவுபடும் இவ்விளைவானது இன்றைக்கிருப்பதைவிட மிகவும் குறைந்த அளவில் இருந்திருக்கக்கூடும்.

இன்னுமொரு விஷயத்தினால் இந்தக் கொள்கையானது உறுதிப்படுகின்றது. இந்தக் கருத்தானது எனக்கு முடிவானதாகத்

(decisive) தோன்றுகிறது. வளி மண்டலத்தின் அலையின் நேரமும் வளி மண்டலத்தின் மேல் உண்டாக்கும் சூரியனின் அடுத்தடுத்த உந்தல்களுக்கிடையே உள்ள நேரமும் மிகவும் மாறுபட்ட விஷயங்களைச் சார்ந்துள்ளவை என்பதே இக்கருத்தாகும். அலையின் நேரமானது, உஷ்ண நிலை, அடர்த்தி, காற்றின் ரசாயன இயல்பு ஆகியவற்றைப் பொறுத்திருக்கிறது. சூரியனின் அடுத்தடுத்த உந்தல்களுக்கிடையேயுள்ள நேரமானது பூமியின் சுழற்சி விகிதத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது. பின் எவ்வாறு இவை இரண்டும் மிக நெருக்கமாய் இணைந்துள்ளன?

இந்தக் கேள்விக்குப் பதில் கூறும்போது ஹால்பெர்க் ஆரம்பத்தில் பழைய கருத்துக்களை நாடிச் செல்கிறார். அவர் பூமியானது ஒரு சமயத்தில் இப்பொழுதை விடக் குறிப்பிடத்தக்க விதத்தில் வேகமாய்ச் சுழன்றது என்று எடுத்துக் கொள்கிறார். அச்சமயத்தில் சூரியனின் உந்தல்களுக்கும் வளி மண்டலத்தின் அலைவுகளுக்குமிடையே ஒத்த அதிர்வு இருக்கவில்லை. இதன் விளைவாய் வலுவுள்ள அலைவுகள் ஏற்படுத்தப்படவில்லை. எனவே, அதிகப்படுத்தும் முறையானது குறிப்பிடத்தக்கவாறு அமையவில்லை. பொதுவாய் கருதப்படுவதைப் போன்றே கடல் அலை எழுச்சிகளின் வேகக் குறைப்பு விளைவானது முக்கியமாய் தடை செய்யப்படாதவாறு நடைபெற்றது. இங்குதான் ஒரு முக்கியமான விஷயம் உள்ளது. நாளானது 24 மணி நேரம் கொண்டதாய் இருக்கும்படி பூமியின் சுழற்சி வேகம் குறைந்தபோது, சூரியனின் உந்தல்கள் படிப்படியாக வளிமண்டலத்தின் அலைவுகளோடு ஒத்த அதிர்வு உள்ளதாயின. எனவே, மேலும் மேலும் பெரிதான காற்றின் இயக்கங்கள் ஏற்படுத்தப்பட்டன. அதற்கேற்றாற் போல் அதிகப்படுத்தும் முறையானது அதிகரித்தது. அதிகப்படுத்தும் முறையானது, கடல் அலை எழுச்சிகளின் வேகக் குறைப்பின் விளைவோடு சராசரி சமநிலையை அடையும் வரை வேறு கூறிய நடைபெற்றது. அச்சமயத்திலிருந்து ஒரு சமநிலைப் (balance) பட்ட நிலையில் இருந்து வருகிறது.

ஹால்பெர்கின் இந்தக் கருத்துக்கள் வேறு சுவாரசியமான விளைவுகளைத் தருகின்றன. பூமியானது மிக மெதுவாய் உட்பக்கமாய் சுருண்டு (spiralling) சூரியனின் பக்கமாய் செல்ல வேண்டும் என்றும் சந்திரனானது, பூமியிலிருந்து வெளிப்புறமாய்ச் சுருண்டு கொண்டு செல்ல வேண்டும் என்றும் தெரிய வருகிறது. சூரியனிடமிருந்து பூமிக்கு உள்ள தூரத்தில் ஏற்படும் மாற்றமானது மிகச் சிறியதாய் இருந்து வருகிறது. ஆனால், பூமியிலிருந்து சந்திரனுக்குள்ள தூரத்தில் ஏற்படும் மாற்றமானது சிறியதாய் இருக்கவில்லை.

போதுமான நேரம் கொடுத்தோமானால் சந்திரன் பூமியினிட மிருந்து சுருண்டு வெகு தூரத்துக்குச் சென்றுவிடும். மேலும், சூரியனின் புவிஈர்ப்புத் தூண்டுதலுக்கு அது இரையாகிவிடும். சூரியன் அதை பூமியிலிருந்து விலகிச் செல்லும்படி இழுத்துவிடும். எனவே, சந்திரன் நம்மைச் சுற்றி வட்டமடித்தபடி இனிச் செல் லாது. ஆனல், ஒரு கோளைப் போன்று சுயேச்சையாய்த் தன் உரிமையை நிலைநாட்டியபடி சூரியனைச் சுற்றிச் செல்லும். இந் நிகழ்ச்சியானது எல்லாச் சமயத்திலும் நடைபெறும். சந்திரனின் மெதுவாய் சுருண்டு செல்லும் நிகழ்ச்சி சந்திரனை இப்பொழுதுள்ள சுமார் கால் மில்லியன் மைல்கள் தொலைவிலிருந்து ஒரு மில்லியன் மைல்கள் தொலைவிற்கு எடுத்துச் செல்லும்போது ஏற்படுகிறது. இந்நிலை ஏற்படுவதற்கு மிக முன்பாய், நாம் துர்அதிர்ஷ்ட வசமாய், மிக அருமையான அண்டக் காட்சிகளில் ஒன்றை அதாவது சூரியனின் முழு மறைப்பை (total eclipse) இழந்து விடுவோம். முழு மறைப்பு நிகழ்ச்சியானது சூரியனுக்கும் பூமிக் கும் இடையே சந்திரன் வருவதைப் பொறுத்து ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு சந்திரன் இடையே வரும்போது, அது கடுமை நிறைந்த சூரிய ஒளி வெப்பை (glare) மிகவும் மறைத்து விடுவதால், கரோனு எனப்படும் சூரியனின் மென்மையான, பரந்துள்ள வெளிப்புற வளிமண்டலத்தை நாம் காண முடிகிறது. இந்நிகழ்ச் சியைச் சந்திரன் இப்பொழுது சரியான முறையில் நடத்த முடி கிறது. ஆனல் அது சிறிது தள்ளி உருண்டாலும் ஒரு முழு ஒளி மறைப்பை ஏற்படுத்தவே முடியாது போய்விடும். மறுதலையாக (converse) முன் காலங்களில் பூமிக்கு அருகாமையில் சந்திரன் இருந்தபோது இம்மாதிரியான முழு மறைப்புகள் அடிக்கடி ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். அவை இப்பொழுதுள்ளதை விட மேம் பட்டதாகவும், அதிகக் கால அளவு கொண்டதாகவும் இருந்திருக்க வேண்டும்.

பனிக்கட்டி யுகங்கள் (The Ice-Ages)

பூமியின் நீண்ட வரலாற்றின் பெரும்பாகம் முழுவதிலும், உலக முழுவதிலுமுள்ள வெப்பதட்ப நிலை (climate) யானது, குறிப்பிடத்தகுந்த முறையில் இப்பொழுதிருப்பதை விடச் சற்று வெதுவெதுப்பாக இருந்து வந்திருக்கிறது. ஆனல், கடந்த கடைசி மில்லியன் ஆண்டுகளின்போது பூமியானது அதன் நிலையற்ற பனி ஊழிகளில் (cold epochs) ஒன்றில் எறியப்பட்டிருக்கிறது. இந்த ஊழிகள், வடமுனையிலுள்ள (arctic) பனிப்படலங்களின் (ice-sheets) இருப்பினாலும் மற்றும் பனிக்கட்டிக் காலங்கள் என்று அழைக்கப்படும் வெப்பப் பிரிவுகளாக (temperature latitudes) அடிக்கடி பனிப்படலங்கள் மாறுபடுவதினாலும் அறியக்கூடியனவா

கும். இந்நாளைய நிலைமைகளின் விதி விலக்காய் அமைந்துள்ள இயல்பான வழக்கமானதைவிட 10 செண்டிகிரேட் வெப்பம் குறைவாயுள்ள அட்லாண்டிக் பெருங்கடலின் வெப்ப நிலையால் காண்பிக்கப்படுகிறது. இந்த வழக்கமான வெப்ப நிலையானது 4000 மில்லியன் ஆண்டுகளாயுள்ள, பூமியின் முழு வாழ்வின் மேல் அமையப் பெற்ற சராசரி வெப்ப நிலையாக எடுத்துக் கொள்ளப் படுவதாய்க் கணக்கிட்டுள்ளனர்.

கடைசி மில்லியன் ஆண்டுகளின் நான்கு பெரும் காலப்பகுதி களில், பனிக்கால வெப்பதட்ப நிலையானது (glacial climate) பூமியின் வட தட்பவெப்ப மண்டலத்தில் (northern temperate zone) மிக்க ஆதிக்கமுள்ளதாயிருந்தது. (தென் தட்ப வெப்ப மண்டலம் கிட்டத்தட்ட முழுவதுமாய்க் கடலாய் இருப்பதால், இந்த இரு அரைக்கோளங்களுக்கும் (hemispheres) இடையே ஒரு நேர்ப் பொருத்தத்தை எதிர் பார்க்கக்கூடாது). அவைகளின் மிகப் பெரிய விரிவாக்கத்தின் (extension)போது பனியோடைகள் (glaciers) வட்ட முனையிலிருந்து வட ஐரோப்பா மற்றும் வட அமெரிக்கா வரையிலும் விரிந்து இங்கிலாந்து, டென்மார்க் ஆகிய வற்றையும் ஐக்கிய அமெரிக்காவிலுள்ள கிரேட்லேக்ஸின் (great lakes) தென் பாகமாயுள்ள இடங்களையும் அடைந்தன. பனி ஊழிகள் ஆதிக்கத்தின் இந்தக் காலப் பகுதிகள் ஒவ்வொன்றும் 50,000 ஆண்டுகள் முதல் 70,000 ஆண்டுகள் வரை இருந்தன. இவற்றில் கடைசியானதொன்று, நிலஉட் கூற்றியலின் (geologically) படி பார்க்கும்போது மிக அண்மையில், சுமார் 10,000 ஆண்டுகளுக்கு முன் முடிவுற்றது. அது இவ்வளவு அண்மையானது என்ற காரணத்தினாலும், ஒரு பனிக்கட்டிக் காலமானது முந்தைய பனிக்கட்டிக் காலங்களால் விட்டுச் செல்லப்பட்ட நினைவுச் சின்னங்களை (relics) அழிக்க முற்படுகிறது என்பதனாலும் முன்னு ளுள்ளவைகளைவிட இக்கடைசிப் பனிக்கட்டிக் காலத்தைப்பற்றி மேலும் தெரிய வந்திருக்கிறது. ஒரு வேளை, அதன் திடீர் முடிவா னது அதன் பெரும் தனிச் சிறப்புக்குரிய இயல்பாயிருக்கலாம். பனிக்கட்டி உருகியது; நீரானது பெரிய நதிகளாகக் கடலினுள் சென்று பாய்ந்தது. இரண்டு அல்லது மூன்று ஆயிரம் ஆண்டு களுக்குள் பனி ஊழிகள் வடமுனைக்கு, இன்றுள்ளபடியான இருப் பிடங்களுக்கு திரும்பிச் சென்றன. இக்குறுகிய காலத்திற்குள் (மீண்டும் நிலஉட் கூறியலின்படி சொல்லும்போது) வட தட்ப வெப்ப மண்டலத்தின் வெப்பநிலையானது ஒரு குறிப்பிடும்படியான பனி ஊழிக்குரிய தன்மையிலிருந்து, இப்பொழுதுள்ளதைவிட் தெளிவாய் வெதுவெதுப்பாயுள்ள தன்மைக்கு மாறியது. பனியின் இந்த விரைவான உருகும் வேகம் ஒரு சவால் விடும்படியான

(challenging) பிரச்சினையை விடுக்கிறது. இம்மாதிரி ஆச்சரிய மானபடி அமைந்துள்ள வெப்பநிலை மாற்றமானது இந்தக் குறுகிய கால அளவிற்குள் (3,000 ஆண்டுகள்!) நடைபெறுவது எவ்வாறு சாத்தியமாயிற்று ?

பனிக்கட்டிக் காலங்களைப் பற்றிய வெளிப்புறக் கொள்கை

பனிக்கட்டிக் காலங்கள் உண்டாகக் காரணமானது எது என்று உறுதியாக ஒன்றும் தெரியவில்லை. ஆனால், மிக அண்மை யில் நுட்பமாய்க் கவனிப்பதற்குகந்தபடியாய் அமைந்துள்ள இரு கொள்கைகள் தெரிவிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவைகளில் முதலா வதை நாம் கவனிப்போம். இரண்டாவதை இந்த அத்தியாயத் தின் கடைசியில் விவாதிப்பதற்கு எடுத்துக் கொள்வோம். இதன் பின்பு, படிப்பவர் தாமே இவ்விரு மாற்றுக் கொள்கைகளில் எதை எடுத்துக் கொள்ளலாம் என்று தீர்மானித்துக் கொள்ளலாம்.

முதல் கொள்கையானது பனிக்கட்டிக் காலங்களை, பூமிக்கு வெளியே உள்ளதான ஒரு காரணத்தின் மூலம் விளக்க விரும்பு கிறது. நாம் சூரியனிடமிருந்து பெறும் ஒளி மற்றும் வெப்பத்தின் அளவில் ஏற்படும் மாற்றமே இதற்கான மிக எளிதான காரண மாகும். சூரியனின் கதிர் வீச்சில் (radiation) ஏற்படும் பல சத விகித அதிகரிப்பானது கடைசிப் பனிப்படலத்தை விரைவாய் உருகச் செய்யப் போதுமானதாய் இருந்திருக்க வேண்டும். நமது தட்பவெப்ப நிலையானது, நாம் சூரியனிடமிருந்து பெறும் கதிர் வீச்சின் அளவுக்கு ஏற்றபடி இருக்குமாறு மிக நுட்பமாய்ச் சம நிலைப்படுத்தப்படுகிறது. பொதுவாய் நாம் பூமிக்கு வெளிப்புற மாயுள்ள பொருள்களின் மேல் கவனம் செலுத்துவதில்லை. ஆனால், சூரியனுடைய சற்று வேறுபட்டால்—மிகச் சற்றே வேறுபட்டாலும் கூட—நம் வாழ்க்கை முழுவதையும் கவர்ந்துள்ள அரசியல் நெருக் கடிகள் முற்றிலும் அர்த்தமற்றனவாகி விடும்.

இருப்பினும் சூரியனின் கதிர் வீச்சில் மாற்றங்கள் ஏற்படு கின்றன என்பதற்குக் கொள்கை ரீதியிலோ அல்லது காட்சி ரீதி யிலோ ஆதாரமில்லை. சூரியனுள் ஏற்படும் ஏதோ ஒன்று 3,000 ஆண்டுகள் எனப்படுவதான குறுகிய கால அளவிற்குள் ஒரு பாராட்டத்தக்க உயர்வு தாழ்வுகளை ஏற்படுத்தக்கூடும் என்று கொள்வது கடினமாயிருக்கிறது. சூரியனின் மாற்றங்கள் முக்கியத் துவமடையத் தேவையான காலப் பகுதியானது மில்லியன் அல்லது ஆயிரம் மில்லியன் ஆண்டுகள் அளவில் கணக்கிடப்பட வேண்டும். சூரியனுடைய கதிர் வீச்சில் வருடத்திற்கு வருடம் ஏற்படும் மாறுபாடுகள் இச்சமயத்தில் மிகச் சிறியனவையா

புள்ளன என்பது இதற்கு நிச்சயமான ஆதாரமாயிருக்கிறது. குறிப்பிடத்தக்க அளவில் ஆவலைத் தூண்டும்படியாயுள்ள ஒரு புதிய வெளிப்பு முறையை (method of observation) உபயோகித்து ஹெரால்டு ஜான்சன் (Harold Johnson) என்பவரால் இக்கருத்து நிலைநாட்டப்பட்டிருக்கிறது. எளிய முறையில் கணக்கிட முடியாதபடி சூரிய ஒளியின் தீவிரம் மிக்க அதிக அளவில் இருப்பதனால், சூரியனிடமிருந்து நாம் பெறும் ஒளி மற்றும் வெப்பத்தின் அளவை நேரிடையாகக் கணக்கிட முயல்வதற்குப் பதில் ஜான்சன், யுரேனஸ் (Uranus) என்னும் கோளால் பிரதிபலிக்கப்படும் (reflect) சூரிய ஒளியைக் கணக்கிடுகிறார். இதை மிகச் சரியாகக் கணக்கிட முடியும். ஏனென்றால், சூரியனுடைய ஒளிப்பரவலானது மாறுவதாயிருப்பின் யுரேனஸால் பிரதிபலிக்கப்படும் சூரிய ஒளியின் அளவானது இதற்கு ஏற்றபடி மாறுபடும். எனவே, இந்த முறையானது சூரியனைக் கண்காணிப்பதற்கு மிகச் சிறந்ததாகும். சூரியனானது ஏதாவது 'குரங்குத்தனம்' செய்தால் நமக்கு உடனே தெரிய வந்து விடும்.

சூரியனைப் பற்றிய சிக்கல் இவ்வாறு நீக்கப்பட்டுவிட்டது. இனி, வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கான மேலும் நுட்பமான ஒரு வெளிப்படைக் காரணத்தை நாம் தேட வேண்டும். இம்மாதிரியான ஒரு காரணத்தைக் கண்டுபிடிப்பதற்காகக் கடந்த காலத்தில் செய்யப்பட்ட வெற்றியடையாத பல முயற்சிகளை விவரிப்பதைவிட நாம் நேரடியாக பலமான கருத்துக்களில் . ஏற்றுக்கொள்ளும்படியான விதத்தில் அமைந்த அண்மையில் தெரிவிக்கப்பட்ட சில கருத்துக்களை எடுத்துக் கொள்வோம். நீங்கள் முற்றிலும் எதிர்பார்க்காத நிலையிலிருந்து இக் கருத்துக்களை அணுகவே, அவ்வாறு அணுகுவதற்கான மிகச் சிறந்த வழியாகும், நாம் சாதாரண தோட்டத்திலுள்ள பயிர் இல்லம் (horticultural green house) பற்றி ஒரு கணம் சிந்திப்போம். பயிர் இல்லத்திற்குள் வெப்பத்தை உண்டு பண்ணும் பொருள் ஒன்றும் இருக்காவிட்டாலும் வெளியில் உள்ளதைவிட, பயிர் இல்லத்திலுள்ள வெப்பநிலையானது அதிகமாயிருப்பதாகத் தெரியவரும். ஏன்? இந்த அடிப்படைக் கேள்விக்கு பதில் கூற முதலில் நாம் முயல்வோம்.

பயிர் இல்லத்தின் கண்ணாடிக் கூரையானது அதன்மேல் படும் சூரியனின் ஒளி மற்றும் வெப்பத்தைத் தாராளமாய் உள்ளே புக விடுகிறது. அப்பொழுது பயிர் இல்லத்திலுள்ள பல பொருள்களினால் அவை பெரும்பாலும் எடுத்துக்கொள்ளப் படுகின்றன. செடிகளும் வேறு பொருள்களும் அவற்றை எடுத்துக்கொண்டு வெப்பமடைகின்றன. கூரையின் வழியே மேலும் மேலும் அதிகமாய்ச்

சூரிய ஒளி வரும்போது செடிகள் தொடர்ந்து மேலும் மேலும்
ஏன் சூடாவதில்லை? ஏனென்றால், விரைவிலோ அல்லது பிற்
சமயத்திலோ அவை சூரிய ஒளியிலிருந்து பெறும் சக்தியைப்
போன்ற அளவிலுள்ள சக்தியை இழக்க ஆரம்பிக்கின்றன. இந்தச்
சக்தி இழப்பானது மிகவும் தெளிவாய்த் தெரியும்படியான முறை
யில் ஏற்படுவதில்லை. செடிகள் இப்பாற் சிவப்பு நிறக் (infra-red
radiation) கதிர்வீச்சை வெளிவிடுவதால் இது நடைபெறு
கிறது.

நம் தினசரி வாழ்க்கையில் நாம் கையாளும் ஒவ்வொரு
பொருளும் கதிர்வீச்சை வெளி விடுகிறது என்பதை நாம் உண
ரும்போது நமக்கு ஆச்சரியமாயப் போகலாம். ஆனால், இந்தக்
கதிர்வீச்சானது கண்ணுக்குத், இப்பாற் சிவப்பு நிறமானதாய்
(invisible infra-red) இருக்கிறது. எனவே, அது அன்றாடப்
பொருள்களைக் காண உதவுவதில்லை. அன்றாடப் பொருள்களை
நாம் காணுவதற்குக் காரணம் அவை சூரிய ஒளியைப் பிரதிபலிக்
கின்றன என்பதேயாகும். பகலில் ஒவ்வொரு பொருளும் நிரந்தர
மாய் (constantly) ஒளியை எடுத்துக்கொண்டு வெப்பமடைகிறது.
அதே சமயத்தில் நிரந்தரமாய் இப்பாற் சிவப்பு நிறமான கதிர்
வீச்சை வெளிவிடுவதின் மூலம் குளிர்கிறது. இந்த இரு முறை
களும் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த் திசைகளில் ஏற்பட்டு ஒன்றை
ஒன்று ஈடு செய்ய முயல்கின்றன. பயிர் இல்லத்திலுள்ள செடி
களின் நிலை இதுதான்.

முடிவான விஷயத்திற்கு இப்பொழுது வருவோமாக. பயிர்
இல்லத்தின் கண்ணாடிக் கூரையானது சூரிய ஒளியைத் தாராள
மாய் உள்ளே புக விடுகிறது. ஆனால், அது செடிகளால் வெளி
விடப்படும் இப்பாற் சிவப்பு நிறக் கதிர்வீச்சையும் மற்றும் வேறு
உள் அடங்கிய பொருள்களையும் தாராளமாய் வெளிச்செல்ல
அனுமதிப்பதில்லை. சூரிய ஒளியானது தாராளமாய் உள்ளே வர
முடிவதாலும், இப்பாற் சிவப்புநிறக் கதிர்வீச்சானது சுலபமாய்
வெளிச்செல்ல முடியாததினாலும் பயிர் இல்லத்திலுள்ள வெப்ப
நிலையானது அதிகரிக்கப்படுகிறது.

நமது வளிமண்டலமானது இப்பொழுது பயிர் இல்லத்தின்
கூரை போன்று வேலை செய்கிறது. எனவே தன்னுள் அநேகமாய்
தாராளமாக சூரிய ஒளியை புகவிட்டாலும், பூமியின் மேற் பரப்
பிலுள்ள பொருளினால் வெளிப்படுத்தப்படும் கதிர் வீச்சைப்
பிடித்து வைத்துக் கொள்ள முயலுகிறது. எனவே, பயிர் இல்லத்தி
லிருப்பதைப் போன்று வெப்பநிலையானது, குறிப்பிடும்படியாக

வெகுவாய்ப் பெருக்கப்படுகிறது. வெப்பநிலையில் ஏற்படும் இந்த அதிகரிப்பானது நமது வாழ்விற்கு மிக இன்றியமையாதது. ஏனென்றால், அது இல்லாவிடில் பூமி முழுவதும் ஒரு நிரந்தரமான பனி ஊழிக்கான நிலையில் தள்ளப்பட்டுவிடும்.

நமது வளிமண்டலத்தின் பசிர் இல்ல விளைவானது அதிகரிப்பட்டாலோ அல்லது பெரிதும் பாதிக்கும்படியாய் பலவீனப்படுத்தப்பட்டாலோ ஒரு பனிக்காலம் ஏற்படும் என்பது தெளிவு. வளிமண்டலத்தில், இப்பாற் சிவப்பு நிறக் கதிர்வீச்சை வெளிச்செல்லா வண்ணம் தடைப் படுத்துவதற்குக் காரணமாயுள்ள வாயுக்களின் செறிவைக்கலைக் (concentration) குறிப்பிடும்படி குறைத்தால் இப்பாதிப்பான பலவீனப்படுத்துவதான நிகழ்ச்சி ஏற்படும் இந்த விஷயத்தில் முக்கியமாயுள்ள வாயு நீராவியாகும் (water vapour). எனவே, நீராவியின் அளவை, முக்கியமாய்ப் பூமிக்கு மேலே 2,000 அடி உயரத்திலுள்ள நீராவியின் அளவை முறைப்படி எவ்வாறு குறைக்கலாம் என்ற கேள்வி தோன்றுகிறது. இதில் தான் பனிக்கட்டிக் காலத்தைப் பற்றிய புதிருக்குரிய விடை உள்ளது.

சில சமயத்தில் வளிமண்டலத்திலுள்ள நீராவியானது திரவ ரூபத்திலான திவலைகளாய்ச் (drops) சுருங்கி மழையாகப் பூமியின் மேல் விழுகிறது. இந்த முறையானது வளிமண்டலத்திலுள்ள நீராவியின் அளவைக் குறைக்க ஏற்படுகிறது. ஆனால், கடல்களில் நடைபெறும் ஆவியாக்கும் முறையானது (evaporation) எதிர்த்திசையில் இயங்கி நீராவியின் அளவை அதிகரிக்க ஏற்படுகிறது. எனவே, வளிமண்டலத்திலுள்ள நீராவியின் அளவானது இவ்விரு எதிர்மறையான முறைகளுக்கு மிடையே உள்ள ஒரு சமநிலையைக் குறிக்கிறது. நீராவியாகும் அளவின் வீதத்தை (rate)க் குறைப்பதன் மூலமோ அல்லது நீரானது மழையாய் விழும்படியான போக்கை (tendency) அதிகப்படுத்துவதின் மூலமோ நீராவியின் அளவைக் குறைப்பது என்ற நோக்கத்தில் இச்சமநிலையை மாற்றமுடியும் என்பது இப்பொழுது தெளிவு. இவ்விரு சாத்தியக்கூறுகளில் முதலாவதை நீக்கிவிடலாம், ஏனென்றால், ஆவியாக்கும் முறையில் ஏற்படுத்தப்படும் ஒரு குறைப்பு, நாம் சூரியனிடமிருந்து பெறும் ஒளி மற்றும் வெப்பத்தின் அளவைக் குறைப்பதன் மூலமே சாத்தியமாகும். இது நடைபெறக்கூடிய தொன்றில்லை என்று நாம் முன்பே பார்த்தோம்.

பின் எவ்வாறு வளிமண்டலத்திலிருந்து மழையாக விழும்படி செய்யும் நீரின் போக்கை அதிகரிப்பது? வளிமண்டலத்திலுள்

எரிமீன்கள் எனப்படும் மிகச்சிறு இம்மிகளின் திரள்கள் (swarms) நுழைவதின்மூலம் இது சாத்தியமாகலாம். இம்மாதிரியான இம்மிகள் உண்மையில் பெரிய எண்ணிக்கைகளில் கோள்களுக்கு இடையே பரவியுள்ள வானப் பகுதியில் இருக்கின்றன. சூரியனைச் சுற்றிப் பூமி சுழலும்போது இந்த இம்மிகள் நிரந்தரமாய் நமது வளிமண்டலத்திற்குள் தள்ளப்படுகின்றன. வழக்கத்திற்கு மீறிய படியான அளவில் அதாவது ஒரு சிறுபட்டாணி அளவுள்ள பெரிய எரிமீன்கள் நுழைவதை இரவில் நாம் அடிக்கடி காணலாம். அவை யெல்லாம் பிரபலமான வீழ்மீன்களாகும் (shooting stars) (ஒரு வீழ்மீனின் பாதையைப் படம் I-ல் காணலாம்). ஆனால், வழக்கமான அளவிலுள்ள, அநேகமாய் ஒரு சென்டிமீட்டரில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்குள்ள அளவிலான எரி மீனானது இம்மாதிரி காண்பதற்கு முடியாதபடி மிகச் சிறியதாயுள்ளது. அவை வளிமண்டலத்தில் சுமார் 60 மைல்கள் உயரத்தில் இருக்கும்போது அவற்றின் இயக்கங்கள் பெரிதும் தடைப்படுத்தப் படுகின்றன. அங்கே அவை சில சமயங்களில் இரவு ஒளிரும் மேகங்களாய் (noctilucent clouds) காணப்படுகின்றன. இதன் பிறகு அவை மெதுவாய் கீழ்நோக்கி விழுகின்றன. அவை பூமியின் மேற்பரப்பை அடைய பல நாட்கள் ஆகின்றன.

வளிமண்டலத்தில் சுமார் 20,000 அடி உயரத்தில் நிலைமைகள் (conditions) இயக்கத்தைத் தூண்டும் நிலையில் அடிக்கடி உள்ளன. அந்த உயரத்தில் குறிப்பிடத்தக்கபடியான அளவில் நீராவியின் செறிவாக்கல் உள்ளது. அது மழையாக விழுவதில்லை. ஏனென்றால், அங்கே நீராவியானது பெரிய நீர்த்திவலைகளாக மாறுவதற்கான ஒரு வழியுமில்லை. குறிப்பிடும்படியான அளவில் (appreciable size) உள்ள திவலைகள்தாம் மழையாக விழ முடியும். பெரும் எண்ணிக்கையில் எரிமீன் துகள்கள் மேலிருந்து வந்தடைவதன் மூலம் இம்மாதிரியான நிலைமையில் ஒரு தீவிரமான மாற்றத்தை ஏற்படுத்தலாம். ஏனென்றால், ஆவியானது நீர்த்திவலைகளாக இந்தத் துகள்களைச் சுற்றி உடனடியாய்ச் சுருங்க முற்படுகிறது. நீராவியின் செறிவாக்கலானது அதிகமாயிருந்தால் மழை அநேகமாய்ப் பெய்யலாம்.

எரிமீன் துகள்களின், நீராவியை மழையாய்ப் பெய்ய வைக்கும் போக்கானது பயிர் இல்ல விளைவை பலவீனப் படுத்தவேண்டும். போதுமான அளவில் இந்த எரிமீன் துகள்கள் நம் வளிமண்டலத்தில் நுழைந்து பயிர் இல்ல விளைவை ; ஒரு பனி ஊழிக்கான வெப்பதட்ப நிலைமை ஏற்படும் வகையில் பலவீனப்படுத்தக்கூடும் என்பதற்கான சாத்தியக்கூறு உள்ளது.

இக் கருத்துகளுக்கு இ. ஜீ. பவன் (E. G. Bowen) என்பவருடைய பரிசோதனை ஆராய்ச்சியானது ஆதாரம் காட்டுகிறது. கடந்த ஐம்பது ஆண்டுகளாக எடுத்து வைக்கப்பட்டுள்ள பதிவேடுகளைப் (records) பகுத்ததிலிருந்து (analyse) விதிவிலக்காக அமைப்புப்படியான அளவிலுள்ள மிகப் பெரிய மழை ஒரு வருடத்தின் சில குறிப்பிட்ட நாட்களில் உதாரணமாக ஜனவரி 12ஆம் தேதியிலிருந்து 13ஆம் தேதி வரை பெய்யக் கூடுமென்பது தெளிவாகி விட்டிருக்கிறது. இந்த விதிவிலக்காயமைந்துள்ள நாட்களுக்கு சிறிது காலத்திற்கு முன்னால் சூரியனைச் சுற்றித் தன்னுடைய பிரயாணத்தின்போது, புவியானது எரிமீன்களின்—அதாவது நமது வளிமண்டலத்தில் நுழையும்போது வீழ்மீன்களாகக் காணப்படுவதற்குக் கூட முடியக்கூடிய பெரும்பாலான சந்தர்ப்பத்தில் மிகச் சிறியதாயுள்ள எரிமீன்களின்—அடர்த்த திரளைக் கொண்ட பாதைக்குக் குறுக்காகச் செல்லுகிறது என்று பவன் விளக்கினார். வளிமண்டலத்தின் வழியாக எரிமீன்கள் விழுகின்றன. மேலும், நாம் மேலே விவாதித்துள்ள முறையில் மழையை உண்டாக்குவதற்கு அவை உபயோகமாயுள்ளன.

வால்மீன்களும் எரிமீன்களும்

வால்மீன்கள் அவை தோன்றும் ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் தொடர்ந்து கவனிக்கும்போது நடைபெறுவதைப் போல, ஒரு வால்மீன் பிளவு படும்போது எரிமீன்கள் சிதறி ஞாயிற்றுக் குடும்பம் முழுவதிலும் (solar system) பரப்பப்படுகிறது. லிட்டில்டனின் (Lyttleton) கொள்கையின்படி வால்மீன்கள் பல்லவை அநேக காலப் பகுதியால் உருவாக்கப்பட்ட சிறுதுகள்களின் திரளைத் தவிர வேறொன்றுமில்லை. இதனால் ஒரு வால்மீனின் பிளவு என்பது ஒரு திரளின் பிளவைக் கொண்டுள்ளதேயன்றி, திடப்பொருளின் ஒரு சில பெருந் துண்டுகளை (chunks) கொண்டுள்ள தன்று. ஒப்புமையாக நாம் பறவைகளின் ஒரு கூட்ட மேகத்தின் பிளவை நினைத்துப் பார்க்கலாம். வால்மீன்கள் உண்மையில் துண்டுகளின் விளைவாகப் பிளவுபடவில்லை ஆனால், இப் பிளவானது சூரியனின் வெளிப்புறச் செயலின் விளைவாய் ஏற்படுகிறது. பெரும்பாலும் வால்மீன்களின் பிளவு மெதுவாய் ஏற்படுகிறது. ஆனால், சில சமயங்களில் ஒரு வால்மீனானது சூரியனுக்கு மிக அருகாமையில் வந்துவிட்டால் இப் பிளவானது மிகத் திடீரென ஏற்படலாம்.

இக் கொள்கையை முழுதுமாய் விவாதிக்க, "வால்மீன்களும் அவைகளின் தோற்றமும்" (கேம்பிரிட்ஜ், 1953) என்னும் லிட்டில்டனின் புத்தகத்தைக் காணவும்.

காலம் முழுவதும் மேலும் பல வால்மீன்கள் சேர்க்கப்பட்டு வருவதால், கோள்களுக்கு இடையேயுள்ள தூசுகளின் அடர்த்தி மாறாது நிலையான முறையில் அதிகரிக்க வேண்டுமென்று மேற் கூறியதிலிருந்து தோன்றலாம். ஆனால், இது இம்மாதிரி நடை பெறுவதில்லை. ஏனெனில், வேறு இரு முறைகள் எதிர்த் திசையில் இயங்கி வால்மீன்கள் சூரியனின் பக்கமாய் நிலையானபடி (steadily) விரைந்தபடி செய்கின்றன. இவைகளில் அநேகமாய் முக்கியமானதா யுள்ள முறையானது ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தின் முழுவதிலும் நடை பெறும் வாயுப் பாய்ச்சலால் (flow of gas) தோன்றுகிறது. (இப் பாய்ச்சலானது உண்மையில் நடைபெறுகிறது என்பதைக் காண்பிப்பதற்கான ஆதாரம் அத்தியாயம் 7-ல் கொடுக்கப்படும்). புவியைப் போன்ற ஒரு பெரிய பொருளானது இவ் வாயுவால் ஒரு விதத்திலும் பாதிக்கப்படாவிட்டாலும், ஒரு சிறு தூசியின் துகளானது ஒரு பலமான இழுப்பும் தூண்டுதலை உணர்கிறது. இச் சிறு துகளானது சூரியனைச் சுற்றிச் சுற்றி வரையறையின்றி இயங்கும் புவியைப் போல் அல்லாது, சூரியனின் பக்கமாய், கடைசியில் அதன் பொசுக்கும் வெப்பத்தால் முழுவது மாய் ஆவியாகும்படி செய்வதற்குப் போதுமானபடி மிக அரு காமையில் வரும் வரை, தவிர்க்கவொண்ணாதபடி சுருங்கிச் செல்லும்படி தூண்டப்படும்.

ஆகவே, நாம் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்திலுள்ள வால்மீன்கள் ஒரு உட்பொருள்களையும், வெளிவரும் பொருள்களையும் கொண்ட சேமிப்புக் கிடங்கு என்று காண்கிறோம். வால்மீன்களின் தொகுப்பு உட் பொருள்களையும், ஞாயிற்றுக் குடும்பத்திலுள்ள வாயுவில் இருக்கும் சக்தி வெளிவரும் பொருள்களையும் கொடுக்கின்றன. இந்நிலையானது ஒரு சாதாரணச் சேமிப்புக் கிடங்கை ஒத்தவாறு அமைந்துள்ளது. உட்பாய்ச்சலை (inflow) அதிகரிப்பதாலோ அல்லது வெளிப் பாய்ச்சலை (out put) குறைப்பதாலோ அல்லது வெளிப்படையாய் இவ்விரு முறைகளிலுமோ அதனுடைய கொள்ளளவை (capacity) அதிகரிக்க முடியும். விதிவிலக்கானதுள்ள ஒரு பெரிய வால்மீனின் நிலைப்பினையானது பனி அடர்ந்த நிலைகள் பூமிக்குத் திரும்பும் படியான வகையில் வால்மீன்களின் சேமிப்புக் கிடங்கின் அளவைக் குறிப்பிடும்படியாய் அதிகரிக்கக் கூடும். ஆகவே, இம்மாதிரி நடப்ப தானது அந்நேரமாய்த் திடீர் ஆரம்பம் மற்றும் மெதுவான முடிவு ஆகியவைகளை உடையதான பனி சகாப்தங்களை ஏற்படுத் தும். இது, கடைசிப் பனிக் கட்டிக் காலத்தின் முடிவில் ஏற்பட்ட விரைவுத்தன்மைக்கு எதிர்மாறாகும். ஒரு பனிக் கட்டிக் காலத்தின் நிலை முடிவு, சேமிப்புக் கிடங்கில் ஏற்படும் வெளிப் பாய்ச்சலில் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க வகையிலான அதிகரிப்பு ஏற்பட வேண்டுமென்று

வருகிறது. இது தவிர, ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தினுள் உள்ள வாயுப் பாய்ச்சலில் ஒரு திடீர் அதிகரிப்பு ஏற்பட வேண்டும். எனவே, இப்பொழுதுள்ள கொள்கையின் மூலமாய் சுமார் பத்தாயிரம் ஆண்டுகளிலிருந்த வெப்பதட்ப நிலையில் ஏற்பட்ட மாறுபாடுகளை விளக்க வேண்டுமாயின், வால்மீன்களின் பிளவு வீதத்தில் உள்ள மாற்றங்களைவிட வாயுப் பாய்ச்சலில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களிலிருந்து அம்மாறுபாடுகள் தெரியவர வேண்டுமென்று கூறுவது அதிகமாய்ச் சரியானதாகப் படுகிறது.

நாம் இப்பொழுது ஒரு மாறுபட்ட பாதையைப் பின்பற்றிச் செல்கிறோம். பயிர் இல்லை விளைவை கவனிப்பதாக எடுத்துக் கொண்டு ஆரம்பித்தோம். பிறகு எரிமீன்கள் மற்றும் வால்மீன் களைப்பற்றி ஆராய்ந்தோம். இப்பொழுது நாம் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தினுள் பாயும் வாயுவை எடுத்துக்கொண்டிருக்கிறோம். இந்த வாயுவின் பாய்ச்சல் எங்கிருந்து வருகிறது என்று அடுத்த படியாக நாம் கேட்கவேண்டும். வான ஆராய்ச்சியாளர்களுக் கிடையே இம்மாதிரியான வாயுப் பாய்ச்சல் உள்ளது என்பதைப் பற்றிப் பொதுவாய் ஒரு நல்ல இணக்கம் (agreement) காணப் பட்டாலும் அதன் தோற்றத்தைப் பற்றிப் பல்வேறு மாறுபட்ட கருத்துக்கள் உள்ளன. இப் பாய்ச்சலானது சூரியனிடமிருந்து வெளிப்புறமாய் வருகிறது என்று சிலர் கருதுகிறார்கள். விண்மீன் களுக்கிடையே உள்ள வாயு எனப்படுவதான (interstellar gas) விண்மீன்களின் இடைவெளியை நிரப்புவதான பெரும் நெடும் வாயு மேகத்திலிருந்து (cloud of diffuse gas) உட்புறமாய் வரு கிறது என்ற கருத்தை வேறு சிலர் தெரிவிக்கிறார்கள். இந்த இரண்டாம் கருத்தின்படி, சூரியனானது விண்மீன்களுக்கிடையே உள்ள வாயுவின் பகுதிகளை நிரந்தரமாய் குடைந்தெடுக்கிறது (scooping up). மற்றும் இந்நிகழ்ச்சியானது சூரியனுக்கு வெளியே அல்லாமல் உள்ளாகவே வாயுப் பாய்ச்சலை ஏற்படுத்துகிறது என்று தெரிய வருகிறது.

மேலும் இவற்றை விளக்கத் தொடங்குமுன் இவைகள் ஏற்படக் காரணமாயுள்ள வால்மீனை எடுத்துக்கொள்வது நல்ல தாகும். வால்மீன்களில் ஒன்று படம் II-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வானத்தில் வால்மீன்கள் தோன்றுகின்ற நிகழ்ச்சியானது நாசத் தின் அறிகுறி என்பது பழைய மூடநம்பிக்கையாகும் (supersti-tion). ஒருவேளை அப் பழைய மூடநம்பிக்கை உண்மையானதாய் இருந்திருக்கலாம்,

வால்மீன்கள் பிளவுபடும் நிகழ்ச்சியானது வால்மீன்கள் நூறு மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குள் யாவும் நசுக்கப்பட்டு விடும் வேகத்தில் நடைபெறுகிறது என்று கணக்கிட்டுள்ளனர். இந்த வால்மீன்கள், இப்பொழுதைப் போன்று, ஒரு மில்லியன் ஆண்டு களுக்கு மேலாகச் சூரியனைச் சுற்றிச் செல்ல முடியாது என்பது மேற்கூறியவற்றிலிருந்து உடனே கிடைக்கும் அனுமானமாகும். ஏனென்றால், இம்மாதிரி இல்லாவிடில் அவைகள் ஏற்கனவே பிளக்கப்பட்டு விட்டிருக்கும்.

சென்ற பகுதியில் (section) விவாதிக்கப்பட்ட பனிக் கட்டிக் காலங்களைப் பற்றிய கொள்கையானது, வால்மீன்களின் வரலாற்றில் கடைசி மில்லியன் ஆண்டுகளில் ஒரு குறிப்பிடும்படியான பிரத்தியேகமான (special) முக்கியத்துவ முள்ளதாய் இருக்கவேண்டுமென்று கூறுகிறது. இம்மாதிரி இல்லாதிருப்பின் பூமியின் வெப்ப நிலையானது கடைசி மில்லியன் ஆண்டுகளில் அதற்கும் முந்திய 100 மில்லியன் வருடங்களைக் காட்டிலும் இவ்வளவு மாறுபட்டதாய் இருந்து வந்திருக்கிறது என்பதை அதாவது இந்த நீண்ட காலவரைப் பின்போது ஒரு பனிக்கட்டிக் காலங்கூட ஏற்படவில்லை என்பதை அறிந்துகொள்வது கடினமாயிருக்கும். உண்மையிலேயே 100 மில்லியன் வருடங்களாக, கடைசி மில்லியன் ஆண்டுகள் வரையிலும் பூமியின் வெப்பநிலையானது இப்பொழுதை விடக் குறிப்பிடும்படியாக வெதுவெதுப்பாய் இருந்திருக்கிறது. வால்மீன்களின் பிளவுபடும் நிகழ்ச்சியானது கடைசி மில்லியன் ஆண்டுகளைச் சார்ந்து ஓர் இயற்கை மீறிய (abnormal) முறையாய் அதாவது அக்காலத்திற்கும் முந்திய 100 மில்லியன் ஆண்டுகளின் போது நடைபெறாத முறையாய் இருப்பின் நம் கொள்கையின் மூலம் மேற்கூறிய நிகழ்ச்சியை முழுமையுமாய் விளக்க முடியும்.

பூமியின் புரளுதல் (The toppling over of the Earth)

பனி வழிகளைப் பற்றிய சான்றுகள் எல்லாவற்றையும் மேற்சொன்னபடி முழுமையுமாய் விளக்க முடியாது. பல நூறு மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் விசித்திரமான பனி வழிகள் ஏற்பட்டன. பனி வழிதல் (glaciation) குறிப்பிட்ட சில பகுதிகள் இப்பொழுதுள்ள வடமுனை மண்டலங்களில் (arctic zones) ஏற்படவில்லை. மாறாக முதலில் தெற்கு ஆஸ்திரேலியாவிலிருந்து இந்தியா வரையிலும் பரவிய ஒன்று போன்ற பகுதியிலும் பிறகு மடகாஸ்கர் (Madagascar) மற்றும் மத்திய ஆப்பிரிக்க மேட்டுச் சமவெளியிலும் (African plateau) பிறகு பிரேசிலின் மேற்குப் பகுதியிலும் பனி வழி ஏற்பட்டது. வடமுனை, வெப்பமண்டலம், மட்டான தட்பவெப்ப முடைய (arctics, tropics

temparate) பகுதிகள் இப்பொழுதுள்ளதைப் போலல்லாமல் கடந்த காலத்தில் வேறு வகையாக இருந்தன என்று எடுத்துக் கொண்டாலன்றி இதை விளக்குவது எளிதாகாது. 200 அல்லது 300 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் இரு துருவங்களில் ஒன்றானது அநேகமாய் தென் துருவம்—இந்தியப் பெருங் கடலின் ஓர் இடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்தைச் சுற்றிக் குறிப்பிடத்தக்க முறையில் நகர்ந்ததாக எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

இக்கருத்தை ஒரு சோதனைக்குள்ளாக்கலாம். இப்பொழுது வெப்ப மண்டலங்களிலுள்ள பிரதேசங்கள் ஒரு சமயத்தில் வட முனையில் இருந்திருப்பின், இச்சமயத்தில் இரு முனை மண்டலங்களிலுமுள்ள நிலமானது இப்பொழுது இருப்பதைவிட முன் ஒரு காலத்தில் குறிப்பிடத்தக்க விதத்தில் வெதுவெதுப்பான வெப்ப தட்ப நிலையை உடையதாய் இருக்க வேண்டியது அவசியமாகிறது. இது இவ்வாறு இருந்ததா? உண்மையில் இது மேற் கூறியவாறு இருந்தது என்பது புதைபூண்டு போன செடிகளிலிருந்து (fossilised plants) கிடைக்கும் ஆதாரத்திலிருந்து தெரிய வருகிறது. ஸ்பிட்ஸ்பெர்கென் (Spitzbergen), கிரீன்லாந்து மற்றும் தென் துருவக் கண்டம் (antartic continent) ஆகியவற்றில், வெதுவெதுப்பான வெப்ப தட்ப நிலையைத் தம் வளர்ச்சிக்குத் தேவையாய்க் கொண்ட செடிகள் ஒரு சமயத்தில் வளர்ந்தன. மேற் சொன்ன கருத்தானது இந்த ஆதாரத்திலிருந்து மேலும் நம்பத் தகுந்ததாகிறது.

பின் எவ்வாறு இது நடைபெற்றிருக்க முடியும்? பூமியின் மேற்பரப்பில் கண்டங்கள் மிதந்து செல்வதினால் இது நடைபெற முடியாது என்று நான் நினைக்கிறேன். அதாவது சில சமயங்களில் ஓர் இடத்திலும், மற்றும் சில சமயங்களில் மற்றோர் இடத்திலும் கண்டங்கள் இருப்பதினால் இது நடைபெறாது. 35 கிலோ மீட்டர்கள் பருமனையுடைய பாறையினாலான கண்டம் நகருவது எப்படி என்பது இதுவரை விளக்கப்படவில்லை. இதற்கு நம்பத் தகுந்த ஒரு காரணம் கொடுக்கப் படும்வரை 'நகரும் கண்டங்கள்' (drifting continents) என்னும் கருத்தை முனைப்பாக எடுத்துக் கொள்ள வேண்டியதேயில்லை. வெப்ப தட்ப நிலைக் கண்டங்களைத் தீர்மானிக்கும்படியாயுள்ள பூமியின் அச்சானது இப்பொழுது இருப்பதைவிடக் கடந்த காலத்தில் வேறு விதமாக வைக்கப்பட்டிருந்தது என்ற கருத்தையும் நாம் ஒப்புக்கொள்ள முடியாது. பூமியின் சுழற்சி அச்சானது (axis of rotation) பூமி சூரியனைச் சுற்றி வரும் சுற்றுப்பாதையின் தளத்தோடு 67° கோணத்தில் சாய்ந்திருக்கிறது. இந்தக் கோணமானது மாற்றப்

பட்டால் வெப்ப நட்ப நிலைக்கண்டங்களும் நிச்சயம் மாறுபடும். ஆனால், ஜி. எச். டார்வின் (G. H. Darwin) கவனமாகச் செய்த பகுப் பாராய்ச்சியானது (analysis) இம்மாதிரியான மாற்றம் நடைபெறாத ஒன்று என்று பல வருடங்களுக்கு முன்பே காண்பித்தது. பூமியானது தோற்றுவிக்கப்பட்ட சமயத்திலிருந்து குறிப்பிடத்தக்க அளவில் சுழற்சி அச்சின் சாய்வில் மாற்றம் ஏற்பட்டிருக்க முடியாது.

பூமியானது சுழற்சி அச்சைச் சார்ந்தபடி (relative) திரும்பியிருக்கலாம் என்பதான வேறும் நுட்பமான (subtle) கருத்து இப்பொழுது எழுந்துள்ளது. வெண்ணெயினாலான கோளத்தின் ஊடே ஓர் உலோக அகப்பைக் கோலானது (skewer) புகுத்தப் பட்டுள்ளதாகக் கற்பனை செய்து கொள்வோம். அகப்பைக் கோலானது உறுதியாய்த் திரும்பாமல் வைக்கப்பட்டாலும், கோளமானது சுழன்றிருக்கலாம் என்பது தெளிவாகிறது. அகப்பைக் கோலானது மெல்லத் திரும்பும்போது வெண்ணெயை வெட்டிவிடும். கோளமானது அகப்பைக் கோலைச் சார்ந்தபடி திரும்பியது என்று கூறியவாறு இந்நிகழ்ச்சியை வருணிக்கலாம். இப்பொழுது வெண்ணெய்க்குப் பதிலாகப் பூமியையும், அகப்பைக்குப் பதிலாகப் பூமி சுற்றிச் சுழலும்படியான அச்சையும் மாற்றிவைப்போம். பூமியானது சுழற்சி அச்சைச் சார்ந்தபடி திரும்பியது என்று சொல்வது, வெண்ணெயானது அகப்பையைச் சார்ந்தபடி சுழன்றது என்பதான அதே கருத்தைக் கொண்டதாயிருக்கிறது. பூமிக்கு எவ்வாறு அம்மாதிரியான மறு அமைப்பு (reorientation) ஏற்பட முடியும் என்பதை இன்னமும் விளக்கிக் கூற வேண்டும்.

ஆரம்பிக்கும் போது, பூமியானது அமைப்பில் (composition) முழுவதுமாய் சீரான படி அமைந்துள்ளது என்று எடுத்துக் கொள்வோம். பூமியின் மேற்பரப்பில் ஏதாவது ஒரு பகுதியில் மலைத் தொடர் (mountain range) ஒன்று உருவாவதாக எடுத்துக் கொள்வோம். டி. கோல்டு (T. Gold) என்பவரால் அண்மையில் எடுத்துச் சொல்லப்பட்டபடி, மலைத்தொடரானது நில நடுக் கோட்டின் (equator) மேல் படுமாறு வரும்வரை பூமியானது அதன் சுழற்சி அச்சைச் சார்ந்தபடி மெதுவாய்ச் சுழலவேண்டும். அம்மாதிரியான புரளும் நிகழ்ச்சியானது நடைபெறுவதைத் தடுப்பதற்குப் பூமியின் நடுக்கோட்டுப் பகுதியின் புடைப்பானது (equatorial bulge) ஒரு நிலையாய் நிறுத்தும் தூண்டுதலைப் போன்று (stabilising influence) வேலை செய்கின்றது என்பதாக முன்னர் நினைக்கப்பட்டது. பூமியின் சுழற்சி அதன் நடுக்கோட்டு

விட்டமானது (equatorial diameter) அதன் துருவ விட்டத்தை விடச் (polar diameter) சுமார் 27 மைல்கள் அதிகமாயிருக்கிறது என்பது நன்கு தெரிந்ததே. இதை, பூமியானது அதனுடைய துருவப் பகுதிகளில் சிறிது நசுக்கப்பட்டிருக்கிறது என்று வேறு விதமாகக் கூறலாம். பூமியின் பருப் பொருளானது (material) உறுதியான திடப்பொருளாய் இருந்தால், நடுக் கோட்டுப் பகுதியிலுள்ள புடைப்பானது நிச்சயம் இம்மாதிரியான புரளுதல் நடைபெறுவதைத் தடுக்கும். ஆனால் பூமியின் பருப்பொருள் உறுதியானதல்ல. மிகப் பெரிய விசைகளுக்கு உட்படுத்தினால் பாறைகள் கூட மெதுவாக நகரக்கூடும். கோல்டின் கருத்துப்படி முழுமையான உறுதி (complete rigidity) என்பதில் உள்ள குறைபாடே, புரளுதல் நடைபெற உதவுகிறது. என்ன நடக்கிறது என்றால், பூமி சுழலும்போது நில நடுக் கோட்டின்மேல் எந்த ஒரு சந்தர்ப்பத்திலும் மேற்பரப்பின் எந்தப் பகுதிகள் இருந்தாலும், புடைப்பானது தன்னை எப்பொழுதும் நடுக் கோட்டின் மேலேயே இருக்குமாறு சரி செய்து கொள்கிறது. இது இப்பிரச்சினையின், முந்தைய ஆராய்ச்சியாளர்கள் உணராத புது அம்சமாகும்.

உண்மையில் பூமியானது, ஒரு மலைத் தொடரைத் தவிர மற்ற இடங்களில் முழுவதுமாய்ச் சீராக அமையவில்லை. தொடர்ந்து வரும் அத்தியாயத்தில் நாம் காணப்போவதைப் போன்று பூமியின் உட்பகுதியானது சீராக அமையவில்லை. அல்லது அதன் மேற்பரப்பில் ஒரே ஒரு ஒழுங்கற்ற அமைப்பு (irregular) மட்டுமில்லை. உண்மையில் இம்மாதிரியான ஒரு வாதம் சொற்பமாக நடைமுறையாயிருக்க வேண்டும். பூமியானது நடுக் கோட்டுக்குச் சம்பந்தப்பட்ட வகையில் அதனுடைய ஒழுங்கற்ற எல்லா அமைப்புகளும் ஒரு தகுந்த காரணத்திலும் இந்த ஒழுங்கற்ற அமைப்புகள் மாறுபோனாலும் பூமியானது அதன் சுழற்சி அச்சுக்குப் பொருந்திய வகையில் சுழலும். இச்சுழற்சி, புதிய உறுதி நிலையில் ஒரு புதிய ஒழுங்கற்ற அமைப்பு ஏற்படும் வரையில் நேரிடும். இங்கு மறுபடியும் நில நடுக் கோட்டுக்குப் பொருந்திய வகையில் ஒழுங்குக்குச் சராசரி நிலையை அடையும்.

எனவே, சுமார் 200 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் இருந்ததைவிடப் பூமியானது ஏன் வேறு விதமாய் அமைந்துள்ளது என்பதாம் கேள்விக்கு, இப்பொழுதுள்ள ஒழுங்கற்ற அமைப்புகள் முன்பிருந்ததைவிட மாறுபட்டிருக்கின்றன என்று பதில் கூறலாம் எனத் தெரிந்து கொள்கிறோம். இம்மாதிரியாக எடுத்துக் கூறுவது முழுவதுமாய் நம்பத் தகுந்ததாயிருக்கிறது, பூமிக்கு உள்ளிருக்கும் (internal) ஒழுங்கற்ற அமைப்புகள் கட

200 மில்லியன் ஆண்டுகளின்போது மாறியிருக்கவும் கூடும் என்பது மேலும் முனைப்பாகச் சாத்தியமாயிருக்கலாம்.

ஏன் பூமியானது நாம் இப்பொழுது காண்பதைப் போலவே அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது என்ற கேள்வியை கடந்த காலத்தில் ஒருவரும் முனைப்பாகக் கவனிக்க எடுத்துக் கொள்ளாதது ஒரு வேளை சற்று ஆவலைத் தூண்டுவதா யிருக்கலாம். இமயமலை ஏன் வட துருவத்துக்கு அருகாமையிலுள்ளது? ஏன் இலங்கை (Ceylon) நில நடுக் கோட்டுக்கு அருகே அமைந்துள்ளது? சில வருடங்களுக்கு முன்னர் என்னிடம் இந்தக் கேள்வியைக் கேட்டிருந்தால் பூமியானது இவ்வாறுதான் அமைக்கப்பட்டது ஒரு சந்தர்ப்பவசத்தால் ஏற்பட்ட நிகழ்ச்சி என்றும், இது தோற்றுவிக்கப்போது எவ்வாறு விழுந்தது என்ற விதத்தைச் சார்ந்தபடி அது அமைந்துள்ளது என்றும் நான் பதிலளித்திருப்பேன். ஆனால், மேலே கூறப்பட்ட புதிய கருத்துக் களின்படி இந்த விஷயத்தில் சந்தர்ப்பவசத்திற்குப் பங்கே இல்லை என்று இப்பொழுது தெரிகிறது. இப்பொழுதுள்ள ஒழுங்கற்ற அமைப்புகளின் பரவலின் விளைவாகப் பூமியானது நாம் அதை இன்று காணும் உருவத்தில் அமைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும் என்று தெரிகிறது. இவைகளை மாற்றினால் அதன் அமைப்பும் மாறுபடும். நாம் மாதிரிக்கோளத்தை (model globe) நாம் சுழற்றுவதைப் போல அண்ட சூரன் ஒருவன் (cosmic giant) பூமியை அதன் சுழற்சி அச்சைச் சாய்த்தபடி திருப்பினாலும், ஒரு சில மில்லியன் ஆண்டுகள் காலப்பகுதியைப் பூமிக்கு அளித்தால் அது இப்பொழுதுள்ள தன் நிலைக்குத் திரும்பி வந்து விடும். நாம் இப்பொழுதுள்ள அமைப்பில் சமநிலைப்படுத்தப் பட்டிருக்கிறோம்.

பூமியானது திரும்பவும் தன் நிலையை அடையப் பல ஆயிரம் ஆண்டுகள் எடுத்துக் கொள்வது ஒரு வருந்தத்தக்க விஷயமாகும். அல்லாவிடில் ஒரு புதுமையான போர் முறையை நாம் நெறிவிக்கலாம். நம் எதிரிகளை அழிவுக்குக் கொண்டு செல்வதைவிட, மூலைக்குள் அவர்களைத் திருப்பிவிடலாம். இது மேலும் நேர்த்தியான ஒரு செயல் முறை (elegant procedure) யாகும். நம் சேமப் பொருள்களை (resources) பெருங் கடலிலிருந்து நீரை வெளியேற்றி (pump) அதைக் கொட்டி, வைக்கும்படியான உள்நாட்டுக் கடல்களை (inland oceans) தோற்றுவிக்கச் செலவிட்டு மேற்கூறியதைச் செயல்படுத்தலாம். நீர்த்தொட்டிகள் (tanks) அணுக்குண்டுகள், விமானங்கள் மற்றும் போர்க்கப்பல்கள் முதலியவற்றைத் தயார் செய்வதற்குப் பதில் பெரிய பெரிய தண்ணீர் இறைக்கும் பொறிகளைத் (pumps) தயாரிப்பதில் நாம் கவனம் செலுத்த வேண்டும். பின்னர் நீர் இயக்க

இயலே (hydrolics) இந்நிலை விஞ்ஞானமாகிவிடும். மேலும் மேலும் தேர்ந்தியால தண்ணீர்க் குழாய்ப் பொறிகளைக் கண்டு பிடிப்பெருக்கும் பெரிய கௌரவங்கள் கிடைக்கும். சர்வதேச தேவு பார்க்கும் நிலை மற்றவர்களின் தண்ணீரைப் பற்றிய ரகசியங்களை வெளிப்படுத்துவதில் முனையும் (இது மிகவும் முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டிய விஷயமாகும்).

பனிக்கட்டிக் காலங்களின் உட்பூக் கொள்கை

பூமியின் அச்சு எனும் விஷயத்தை, பனிக்கட்டியானது ஒரு சமயத்தில், ஆஸ்திரேலியா, இந்தியா, ஆப்பிரிக்கா மற்றும் பிரேசில் முதலிய பூமியின் விஷேதமான பிரதேசங்களில் படிந்திருந்தது என்று கட்டிக் காட்டியபடி அறிமுகப்படுத்தினோம். இவ்வகைப் பிரதேசங்களில் ஏற்பட்ட பனி அழிவைப் பூமியானது துருவ அச்சைச் சுற்றிய நகருவதால் ஏற்பட்டது என்று விளக்கினால், அவ்வகையில் கடைசி பிலிஸ்டியன் ஆண்டுகளின்போது ஏற்பட்ட பனிக்கட்டிக் காலங்களை ஏன் இதை ஒத்த விதத்தில் விளக்கிக் கூறக்கூடாது? வட துருவமானது கிரீன்லாந்தில் விழும் படியாகப் பூமியானது சுழன்றால் இம்மாதிரியான பனிப்படலங்கள் எந்நேரத்திலும் தடையின்றி வட அமெரிக்கா மற்றும் வட ஐரோப்பாவின் மேல் படரும். இரு இக்கட்டுகளை (difficulties) வெல்ல முடிந்தால் இந்தக் கொள்கையானது மிகவும் திருப்திகரமானதாகி விடும்.

ஓர் இக்கட்டானது, பூமியை போதுமான வேகத்துடன் புரளச் செய்வதைப் பற்றியதாகும். நடைபெற்றதாய்த் தெரிய வந்திருக்கும் வெப்பதட்ப நிலையில் ஏற்பட்ட துரித மாற்றங்களோடு பொருந்துவதற்கு, 10,000 ஆண்டுகளிலோ அல்லது ஒரு வேளை அதற்குக் குறைந்த காலத்திலோ, துருவங்கள் பூமியின் மேற்பரப்பின் மேல் குறிப்பிடத்தக்க முறையில் நகர வேண்டியது அவசியமானதாகிறது. சமீப காலம் வரை, இவ்விதமான துரித மாற்றங்கள் ஏற்படுவது மிகவும் நடைபெற முடியாத தொன்றாகத் தோன்றியது. ஆனால், கோல்ட் என்பவரின் சமீப காலத்திய கணக்கீடுகள் (calculations) இந்த இக்கட்டானது, ஒரு சமயத்தில் நினைத்து வந்ததைப் போன்று அவ்வளவு முக்கியமானதல்ல (serious) என்று தெரிவித்திருக்கின்றன.

பொருத்தமற்ற இரண்டாவது விஷயம் ஒன்று உள்ளது. சுமார் முப்பது மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு, பூமியின் மேற்பரப்பிலுள்ள அமைப்புக் கோடுகளில் (contours) குறிப்பிடும்படியான விதத்தில் கலவைகள் (disturbances) ஏற்பட்டன. இந்த

ஊழியின்போது (epoch) மற்ற வேறுபாடுகளுக்கிடையே, இமாலயம், ராக்கி மலைத் தொடர் (Rockies) மற்றும் ஆல்ப்ஸ் (Alps) எனப்படும் பெரும் மலைத் தொடர்கள் எழுந்தன. மேற்பரப்பின் ஒழுங்கற்ற அமைப்புகளில் ஏற்பட்ட இவ்வகையான மாற்றங்கள், புவியை ஒரு குறிப்பிடும்படியான அளவில் புரள வைக்கும் என்று எதிர் பார்க்கப்பட்டது. இருப்பினும் குறிப்பிடும்படியான ஒரு துருவ நகர்வு (polar-wander) ஏற்படவில்லை. மேலும் பனிக் கட்டிக் காலங்களும் ஏற்படவில்லை. இப்பொழுதுள்ள, புவியின் அமைப்பு முறையானது (orientation) ஒரு பெரிய அளவில் நிலையான தன்மையை (stability) உடையதாயிருக்கிறது என்னும் அடிப்படையில்தான் இதை விளக்க முடியும். அம்முறையை மாற்றியமைக்க ஒரு முற்றிலும் விதிவிலக்காய் அமைந்துள்ள சுழலை ஒன்று வெளிப்படையாகத் தேவைப்படுகிறது. துருவ நகர்வானது (polar-wander) கடைசி மில்லியன் ஆண்டுகளின்போது ஏற்பட்ட பனிக்கட்டிக் காலங்களுக்கு பொறுப்புள்ளதாயி ருந்திருந்தால், சுழலை ஏற்படுத்தும் செயற்கருவி (agent) மிகவும் ஆற்றல் வாய்ந்ததாக (outstanding potency) இருக்க வேண்டு மென்று நமக்குத் தெரிகிறது. பெரும் மலைத் தொடர்களை உயர்த்தி விடும் முறைகளைவிட அதிகப் பலம் வாய்ந்ததும் அதிகப் பலனளிப்பதுமாய் அது இருந்திருக்க வேண்டும். அந்தச் சுழலை ஏற்படுத்தும் செயற்கருவி எது என்னும் கேள்வி இப்பொழுது எழுகிறது. இங்குத்தான் இக்கட்டு ஏற்படுகிறது. ஏனெனில், தேவைப்பட்ட அளவு (magnitude) கொண்டதும், தேவைப்படும் தகுதி வாய்ந்ததுமான ஒரு சுழலு என்பது இதுவரை ஏற்பட்டதாகத் தெரியவில்லை. நிச்சயமாய் இவ்விதமான சுழலை ஒன்றும் புவியின் மேற்பரப்பில் ஏற்படவில்லை. எனவே, இவ்விஷயத்தில் புவிக்கு உள்ளே அதிக ஆழத்தில் அமைந்திருக்கும் ஒழுங்கற்ற அமைப்புகள் குறிப்பிடும்படியான மாற்றங்கள் ஏற்பட்டிருந்தால் தான் இக்கொள்கையை அழிவிலிருந்து காப்பாற்ற முடியும். அறிந்த அறிவியலில் உள்ள எல்லையானது இந்தக் கற்பனை வாதம் (hypothesis), முதல் தோற்றத்தில் நினைக்கப்படுவதைப் போன்று அவ்வளவு ஏற்கத்தக்கதல்ல என்று காண்பிக்கும்.

இக்கொள்கையின் மிகச் சிறப்பான மதிப்பை (outstanding merit) நாம் இப்பொழுது எடுத்துக் கொள்வோம். ஒரு காலத்தில் மிக்க காலத்தில் வட துருவமானது இருந்திருப்பின் இப்பொழுதிருப்பதை நாடிச் சைபீரியா, நடுக்கோட்டுக்கு அருகாமையில் இருந்திருக்க வேண்டும். இதன் விளைவாகச் சைபீரியாவில் பனி ஊழி ஒன்று ஏற்பட்டிருக்கிறது. உண்மையில் சைபீரியாவில் பனி ஊழியொன்றும் ஏற்படவில்லை.

வட ஆசியாவில் பனிக்கட்டி வயல்களை (ice-fields) ஏற்படுத்துவதற்கு முடியாதவாறு பனிப்படிவு (precipitation) போதாமையாகவிருந்தது என்று மேற்கூறியதை விளக்குவது வழக்கமாயிருந்து வருகிறது. மிகக் குளிர்ந்த வெப்பநிலை மட்டுமே நிலத்தில் போல் பனி அடுக்குகள் ஏற்படும் என்பதற்கு உத்திரவாதமல்ல. இதைத் தவிரப் போதுமான அளவு பனி மழை (snowfall) யும் இருக்க வேண்டும். இந்த வாதத்தைப் பொறுத்த வரையில் எப்பொழுதும் எனக்குள் சற்றுச் சந்தேகம் உண்டு. வட அமெரிக்கா மற்றும் வட ஐரோப்பாவை விட அநேகமாய்க் குறைந்த அளவிலே சைபீரியாவில் பனிப்படிவு இருந்தது என்பது உண்மை தான். ஆனால், வெப்பநிலை போதுமானபடி குறைவாய் இருந்தால் பனிப்படலங்கள் ஏற்படக்கூடும் என்பதை எப்பொழுதும் நான் உணர்ந்திருக்கிறேன்.

இங்குதான், இந்த அத்தியாயத்தில் விவரிக்கப்பட்ட இரு கொள்கைகளுக்கிடையே குறிப்பிடும்படியான (notable) வேறுபாடு உள்ளது. எரிகற்களைப் பற்றிய கொள்கை (meteoric theory) சரியானதாயிருந்தால், ஒரு பனிக்கட்டிக் காலத்தின்போது ஏற்படும் வெப்பநிலைக் குறைவானது முழு பூமியின் மீதும் செயல்பட்டிருக்க வேண்டும். மேலும் குறிப்பாகச் சைபீரியாவில் செயல்பட்டிருக்க வேண்டும். அல்லது மற்றொரு பக்கத்தில் துருவ ஒதுக்கம் என்னும் கொள்கையானது சரியானதாயிருந்தால் சைபீரியாவின் வெப்பநிலையானது இப்பொழுதிருப்பதைவிட ஒரு பனிக்கட்டிக் காலத்தின்போது குறைவாயில்லாமல் அதிகமாயிருக்க வேண்டும். இதைப் போன்ற வேறுபாடுகள் பூமியின் மற்றப் பகுதிகளுக்கும் பொருந்தும். துருவ ஒதுக்கக் கொள்கையானது ஒரு பனிக்கட்டிக் காலத்தின்போது வட அட்லாண்டிக் பகுதியானது மேலும் குளிர்ந்திருக்க வேண்டுமென்றும், ஆனால் வட பசிபிக் பகுதியானது சற்று வெதுவெதுப்பாயிருந்திருக்க வேண்டுமென்றும் கூறுகிறது. மாறாக ஆஸ்திரேலியா மேலும் குளிர்ந்திருக்க வேண்டும். இந்த வேறுபட்ட வருமுன் கூறல்களை (predictions) சரி அல்லது தவறு என்று சரி பார்ப்பது கடைசியில் சாத்தியமாகலாம். உதாரணமாக, பெருங்கடல்களின் கடந்த கால வெப்ப நிலைகளை பலவித வழிகளில் கண்டறியக்கூடும். முறைப்படி (systematically) பூமி முழுவதும், பெருங்கடல்களின் வெப்பநிலை அளவீடுகளைச் சேகரிப்பதின் மூலம் இவ்விரு கொள்கைகளுக்கிடையே எதை எடுத்துக் கொள்வதென்பதைப் பற்றிய சரியான முடிவெடுத்துக் கொள்வதற்குப் போதுமான விஷயங்கள் அநேகமாய்க் கிடைக்கலாம். இதில் எதன் மேல் உங்கள் நாட்டத்தைச் செலுத்தப் போகிறீர்கள்?

2. பணி புரியும் புவி

(The Working Earth)

வெளியில் முத்திற அளவைகளை நாம் எளிதில் உணர்கிறோம் என்று நாம் நினைத்து வந்தோம். ஆனால் உண்மையில் இது சரி அல்ல. ஒவ்வொரு வடிவியல் (geometry) மாணாக்கனும் இரு அளவைப் பிரச்சினைகள் மிக (problems in two dimensions) எளியவை என்று அறிவான். அதாவது, ஒரு தாளில் முற்றிலும் குறிப்பிடக் கூடிய பிரச்சினைகள் முத்திற வெளிப் பிரச்சினைகளை விட எளியவையாகும். இருதிற வெளியைப் போல் முத்திற வெளியில் உள் உணர்வை நம்பமுடியாது. பொறி அமைப்பாளர் மற்றும் கட்டடக் கலைஞர்கள் (architects) அவர்களுடைய வரைபடங்கள், திட்டங்கள் இவைகளில் இதைப்பற்றி உணர்வார்கள். முத்திறப் பொருள்களை குறிப்பிடும் பொழுது இது மிகவும் தெளிவானதாகும்—பொறி, கட்டடங்கள் இவைகளை இரு அளவை முறையில் குறிப்பிடும் பொழுது குறிப்பிட்டாலும் வெளி அளவையில் மூன்றாவது அளவையைப் பற்றிய உணர்வு நமக்கு இருக்கின்றது. ஒரு வேளை நம்முடைய உணர்வு இரண்டரை அளவைகளுக்கு விளக்கப்படுகின்றது எனலாம்.

இந்த விந்தையான நிலைமைக்குக் காரணம் நாம் வாழும் முறையே ஆகும். கடந்துபோன ஒரு வளர்ச்சிப்பருவத்தில் நமக்கு கிடைத்த அனுபவங்கள் தான் இதற்குக் காரணமாகும். புவியின் மேல் புறத்தில் உள்ள தொலைவுகளை மெச்சத்தக்க முறையில் அளந்து விடுகிறோம் ஆகையினால் நம்முடைய வடிவியல் திறமைகளை இரு அளவை நிலையிலிருந்துதான் பெறுகிறோம் என்பதில் ஐயமில்லை. ஆனால், மூன்றாவது அளவையான மேல் கீழ் அளவை பற்றிய நம் கருத்து மிகவும் பொருத்தமற்றதாகும். ஓர் அழகிய இயற்கைக் காட்சியைப் பார்த்தால் வளியின் மூலம் மேற்புறத் தொலைவுகள் நிலத்தின் தொலைவுகளைப் போலவே

தெளிவாக இருப்பது போல் தெரியும். ஆகையினால் வெளி ஒரு புதிய இடமாகும் என்று நினைக்கின்றோம். ஆனால், வெளி புவியைச் சுற்றியுள்ள ஒரு மெல்லிய தோலாகும். அதாவது ஒரு பில்லியர்ட் பந்தின் (billiard ball) மேல் ஒரு தாளைச் சுற்றுவது போல் ஆகும். நம் வாழ்க்கை முழுவதும் இந்தத் தோலில்தான் இருக்கின்றது. நம்முடைய புவியைப்பற்றிய உள் உணர்வு இதிலிருந்துதான் கிடைக்கின்றது. வெளியில் செல்லும் உயிரினங்களுக்கு நம்மைவிட வெளியின் மூன்றாவது அளவைப் பற்றிச் சிறந்த அறிவு இருக்கலாம். ஆனால், இவ் உயிரினங்களுக்கு உள் உணர்வு இல்லாமல் வரைநயப் பகுத்து ஆராயும் திறமை கிடையாது. இதில்தான் நம் தனித்த வலிமை இருக்கின்றது! இரு அளவை ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து முழு நுட்பமான முறைகளில், உள் உணர்வைத் தவிர, 3-வது அல்லது 4-வது அளவைகளுக்கும் பொருத்தமானபடி இதை விரிவுபடுத்த முடியும். ஆராய்வு மூலம் புவியினுள் புகுந்து அது எதனால் ஆக்கப்பட்டிருக்கின்றது என்றும் இதனுள் என்ன நடக்கின்றது என்றும் நாம் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

புவியின் உட்புறம் எப்படி இருக்கின்றது? (What the interior of the Earth is like)

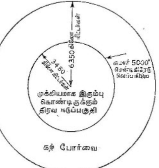
நாம் வசிக்கும் கோள் உயிரற்ற பொருள்களைக் கொண்ட ஒரு பந்தாகும். சென்ற காலங்களில் வியப்பூட்டும் மாறுபாடுகள் ஏற்பட்டுள்ளன. உண்மையில் இந்த மாறுபாடுகள் இல்லாவிட்டால் இங்கு வாழ்க்கை ஏற்பட்டிருக்காது. இன்னும் மாறுபாடுகள் ஏற்படுகின்றன. இவை பூகம்பங்களிலும் எரிமலை வெடிப்புகளிலும் பாறைகளின் உயர்வுகளிலும் காணப்படுகின்றன.

6,350 கி. மீட்டர்கள் அளவுள்ள அரை விட்டத்தை உடைய ஒரு கோளவடிவமான பந்தைப் போன்று, புவியானது புறத்தோற்றத்தில் காட்சி அளிக்கின்றது. உள் அமைப்பைப் பொறுத்த வரையில் புவி இரண்டு பகுதிகளை உடையதாகும். ஒன்று உள்ளகம்; மற்றொன்று இதன் போர்வை. முக்கியமான வேறுபாடு யாதெனில் உள்ளகம் முக்கியமாக திரவமாகவும், போர்வை பெரும்பாலும் திடமான பாறைகளையும் உடையதாக இருக்கும் என்பதே. உள்ளகம் மையத்திலிருந்து வெளிப்புறமாக 3,450 கி. மீட்டர்கள் தொலைவு வரை செல்லுகின்றது; போர்வை என்பது அதன் பெயருக்கு ஏற்றபடி உள்ளகத்திலிருந்து புவியின் மேற்புறம் வரை பரவியுள்ள ஒரு போர்வையாகும்.

சாதாரண அளவு முறையில் நிர்மாணித்தால் உள்ளகம் ஒரு வகை அடர்த்தியான பொருளினால் ஆக்கப்பட்டதாகும். பெரும்

பகுதி அளவில் புவியின் மையத்திலுள்ள பொருள் சாதாரணத் தண்ணீரைவிட 13 மடங்கு கனமாகும். உள்ளகத்தின் வெளிப் பகுதிகளில் பொருள் சாதாரண தண்ணீரை விட 10 மடங்கு கன முடையதாகும்.

போர்வை ஒரு மெல்லிய வெளித்தோல் உடையதாகும்; இது மிருதுவான பாறையினால் ஆக்கப்பட்டது. ஒரு தனிப்பட்ட வகையிலும் இதன் அடர்த்தி தண்ணீரைப் போன்று 2·7 மடங்கு கள் ஆகும் (புவியின் மத்தியில் அடர்த்தி 13 என்ற எண்ணிக்கையோடு இதை ஒப்பிட்டுப் பார்க்க வேண்டும்). புவியின் கண்டங்களில் இந்த மேற்புறப்பாறை 35 கி. மீட்டர்கள் பருமனை உடைய



படம் 1. புவியின் உட்புறம் K. E. புல்லன் (K. E. Bullen) என்பவர் மையத்தில் திட்பப் பொருள்கள் நீர்களுக்குப் பதில் இருக்கலாம் என்று தெரிவித்திருக்கிறார்.

தாகும். புவியின் பெரும் கடல்களில் இது 3 கி. மீட்டர்கள் தடிப்பு தான் உள்ளதாக இருக்கின்றது. இந்த மேற்புற அடுக்கின் கீழ் இன்னும் அடர்த்தியான பாறை இருக்கின்றது. இது அடிப் படைச் சிலிகேட் வகையைச் சேர்ந்ததாகும். மெல்லிய வெளிப் புறப் பாறைகளைத் தவிர மொத்த போர் போர்வையின் பாறை களும், அதன் உள்ளகத்தோடு சேரும் சந்திப்பு வரை அதாவது

மேற்புறத்திலிருந்து 2,900 கி. மீட்டர்கள் ஆழம் வரை ஓர் அடிப்படைச் சிலிக்கேட் வகையைச் சேர்ந்த பாறைகளாகும். புவியின் உட்புறத்தில் பொருள்களின் பொதுவான அமைப்பு படம் 1-முன் பக்கத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

புவியின் உட்புறத்தில் ஏற்படும் அழுத்தங்கள் (pressures) மிகவும் வருகத்தக்கனவாக இருக்கின்றன என்ற கருத்தை நாம் இப்பொழுது தெரிவிக்க வேண்டும். கடல் மட்டத்தில் நம் வளி ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு 15 பவுண்டுகள் (ராத்தல்கள்) எடையுள்ள அழுத்தத்தைக் கொடுக்கின்றது என்பது நன்றாகத் தெரிந்ததே. இது குறைந்த அழுத்த மென்று சொல்ல முடியாது. ஒரு கார் வண்டியின் ரப்பர் டயரில் காற்று அடிக்கும் அனுபவத்தை நினைத்துப் பார்த்தால் இது உண்மை என்பது விளங்கும். ஆனால் புவியின் உட்புறத்திலுள்ள அழுத்தம் இதைவிட மிகவும் அதிகமாகும். இது ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு நூற்றுக் கணக்கான மில்லியன் ராத்தல்கள் அளவில் இருக்கின்றது. இவ்வளவு அதிக அழுத்தத்தில் சாதாரணப் பாறை நசுக்கப்படுகின்றது. ஆகையினால் தான் புவியின் போர்வையைச் சேர்ந்த பாறைகளில் நாம் உட்புறமாகச் செல்லச் செல்ல அடர்த்தி அதிகமாக இருப்பதைக் காண்கிறோம். மேற்புறப் பாறைக்கு அடுத்தபடியாக அடர்த்தி தண்ணீரைப் போல் 3·3 மடங்குகளாகும். இதை 500 கி. மீட்டர்கள் ஆழத்தில் அடர்த்தி 4 மடங்குகளாகவும், 1,000 கிலோ மீட்டர் ஆழத்தில் 4·5 மடங்குகளாகவும், 2,000 கி. மீட்டர் ஆழத்தில் 5 மடங்குகளாகவும், உள்ளகத்தின் மேற்புறமான 2,900 கி. மீட்டர்கள் ஆழத்தில் 5·6 மடங்காகவும் இருப்பதோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கலாம்.

இந்த மதிப்பீடுகளின் அடிப்படையில் கொடுக்கப்பட்டது ஒரு முக்கியப் பிரச்சினையை எழுப்புகிறது. உள்ளகத்திற்கு அடுத்த படியாக உள்ள போர்வையைச் சேர்ந்த பகுதியில் அடர்த்தி தண்ணீரைப் போல் 5·6 மடங்குகளாகும்; மற்றொரு பக்கம் உள்ளகத்தின் உட்புறத்தில் அடர்த்தி 9·7 ஆகும். அப்படி யென்றால் உள்ளகத்தின் மேற்புறத்தில் உட்புற நிலையில் இருந்து வெளிப்புறத் திடப் பொருளாக மாற்றம் ஏற்படுகிறது என்றாகும். ஆனால் பொருளின் அடர்த்தியில் மிகவும் கருத்தக்க அளவில் மாற்றம் ஏற்படுகின்றது. அதாவது உட்புறத்தில் 9·7 முதல் வெளிப்புறத்தில் 5·6 வரை இந்த மாற்றம் உள்ளகத்தில் ஆக்கப் பொருள் பற்றி ஒரு முக்கிய அளவைக் கொடுக்கின்றது. நம்முடைய வாதத்தில் அடுத்த நோக்கியக் கட்டம் இந்த பிரச்சினையை ஆராய்வதே.

இவற்றைச் செய்வதற்கு முன்பு நமக்கு இதுவரை கொடுக்கப்பட்ட தகவல்கள் எவ்வாறு கிடைத்தன என்பதைப் பற்றிக் குறிப்பிடுவது அவசியமாகும். முதலில் பார்ப்பதற்கு புவியின் உட்புற நிலையைப் பற்றிச் செய்முறை ஆதாரங்கள் கிடைப்பது அரிது என்று தோன்றும். இது அப்படி அல்ல என்பதை இப்பொழுது பார்ப்போம். இன்னும் ஆச்சரியமான வகையில் இத்தகவல்கள் செய்முறையை நல்ல ஆதாரமாகக் கொண்டவையாகும்.

நல்ல காலமாக புவியே தன்னுடைய அந்தரங்கங்களை வெகுவாக வெளிப்படுத்துகின்றது. இது பூகம்பத்தின் மூலம் வெளிப்படுத்துகின்றது. பூகம்பங்கள் புவியின் உட்புறத்திலுள்ள பாறைகள் முறிவதனாலும், நழுவுவதினாலும் ஏற்படுகின்றது. இது 700 கி. மீட்டர் ஆழம் வரை ஏற்படுகின்றது. இதற்குமேல் ஆழம் ஏற்படாது. ஏன் இந்தப்பாறைகளின் முறிவு ஏற்படுகின்றது என்பதையும், ஏன் இது 700 கி. மீட்டர்கள் ஆழத்திற்கு மேல் ஏற்படுவதில்லை என்ற பிரச்சினையையும் பின்பு எடுத்துக் கொள்வோம்.

ஒரு பூகம்பம் ஏற்படும்பொழுது முறிவு ஏற்படும் பகுதியின் மையத்திலிருந்து எல்லா திசைகளிலும் அதிர்வுகள் செல்லுகின்றன. அதிர்வுகள் நேராக முறிவடைந்த இடத்திலிருந்து மேல் நோக்கிப் புவியின் மேற்புறத்திற்கு வருகின்றது. அப்பொழுது உயிர்ச் சேதமும் பொருட் சேதமும் ஏற்படுகின்றன. அதே சமயத்தில் இவை புவியின் மையத்தை நோக்கி உட்புறமாகவும் செல்லுகின்றன. இவ்வதிர்வுகள் புவியின் மத்தியப் பகுதியின் வழியே சென்று புவியில் தொலைவாக உள்ள மேற்புறத்தின் வழியே வெளியேறிவிடும். உதாரணமாக, கலிபோர்னியாவில் ஏற்படும் ஒரு பூகம்பத்தைச் சிங்கப்பூரில் கண்டறியலாம். உண்மையில் கலிபோர்னியாவில் ஏற்படும் பூகம்பத்தை உலகம் முழுவதிலும் ஆராய்ந்து அறியலாம். இதற்கு மிகவும் நுட்பமான கருவிகள் தேவைப்படும். ஏனென்றால் அதிர்வுகள் புவியின் மொத்தப் பகுதியிலும் பரவும்பொழுது மிகவும் மெல்லியதாக ஆகிவிடும்.

அதிர்வுகளின் தன்மை அவை கடக்கும் பொருளைச் சார்ந்து இருக்கும். இதன் தன்மை பொருளின் அடர்த்தியைப் பொறுத்து இருக்கும். இன்னும் மிக முக்கியமாக இப்பொருள் நீர்ம அல்லது திண்மப் பொருளா என்பதைப் பொறுத்திருக்கும். புவியின் உள்ளகத்தின் வழியே சென்ற அதிர்வுகள் அவை நீரின் மூலம் சென்றிருக்கின்றன என்பதைக் காண்பிக்கின்றன. அதனால்தான்

புவியின் உள்ளகம் நீரினால் ஆக்கப்பட்டது என்று திட்டமாகச் சொல்ல முடிகின்றது. அதிர்வுகள் அடர்த்தியைப் பொறுத்திருப்பது புவியின் உட்புறத்தில் அடர்த்தி எவ்வாறு மாறுகின்றது என்பதையும் காண்பிக்கின்றது. இதனால் மேற்கொள்ளப்பட்ட மதிப்புகள் கிடைக்கின்றன. இம் முறையில்தான் உள்ளகத்தின் மேற்புறத்தில் அடர்த்தியில் திடீர் மாறுபாடு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. உட்புறத்தில் 9.7 என்ற மதிப்பிலிருந்து வெளிப்புறத்தில் 5.6 என்ற அளவில் ஏற்பட்ட மாறுபாடு. இந்த வழியில் நமக்குக் கிடைத்த தகவல்கள் பெரும்பாலும் K. E. புல்லன் (K. E. Bullen) என்பவரின் ஆராய்ச்சியிலிருந்துதான்.

உள்ளகம் எதனால் ஆக்கப்பட்டது ? (What is the core made of ?)

ஏன் அடர்த்தி இவ்வளவு குறிப்பான திடீர் மாறுபாடு உள்ளகத்தின் மேற்புறத்தில் ஏற்படுகின்றது என்பதற்கு எளிய விளக்கம் உள்ளகத்தின் மேற்புறம் இரண்டு வெவ்வேறு பொருள்களைப் பிரிக்கும் எல்லையாகும் என்பதே. மேற்போர்வை முக்கியமாக ஒரு அடிப்படை சிலிகேட் பாறையினால் ஆக்கப்பட்டது என்பதைப் பார்த்தோம். இப்பொழுது உள்ளகத்தின் பொருள் யாது என்பதை நாம் ஆராயவேண்டும்.

இந்த பிரச்சினையைச் சிறந்த வகையில் ஆராயவேண்டுமானால், எந்தப் பொருள் உள்ளகத்தின் சரியான அடர்த்தியைக் கொடுக்கும் என்பதை ஆராயவேண்டும். உள்ளகத்தில் மிக அதிக அழுத்தத்தில் நசுக்கும் தன்மையை எடுத்துக்கொண்டால் எந்தப் பொருள் நடுப்புறத்தில் 13 லிருந்து உள்ளகத்தின் மேற்புறத்தில் 9.7 என்ற அளவில் அடர்த்தியை உடையதாகும் என்பதைத் தீர்மானிக்க வேண்டும். இந்த நசுக்கும் தன்மைக்குப் போதிய தள்ளுபடி செய்தால் இவ்வாறான பொருள் சாதாரண ஆராய்ச்சிக்கூட நிலைமைகளில் அடர்த்தியை 8 என்ற அளவில் உடையதாக இருக்கலாம் என்பதைக் காண்பிக்கின்றது. ஆகையினால் இப்பொருள் இரும்பு வகை தனிமங்களைச் சேர்ந்ததாகும் என்று காண்பிக்கின்றது. அதாவது முக்கியமாகக் குரோமியம், மாங்கனீஸ், இரும்பு, கோபால்ட், நிக்கல், ஆகிய தனிமங்களை உடையதாகும். இப்பொருள் மிதமான அளவில் டைடானியம், செம்பு, துத்தநாகம் இவைகளையும் உடையதாக இருக்கலாம்.

அடர்த்தியைப்பற்றிய வாதம் இதற்கு மேல் செல்லாது. இரும்பு வகையில் எது அதிகமாக இருக்கும் என்பது நமக்குத் தெரியாது. இதற்கு வான் கற்களைப் பயன்படுத்த வேண்டும். புவி பேரண்டத்தைச் சேர்ந்தது. ஆகையினால் இதன் கூட்டு இதர

அண்டப் பொருள்களைச் சார்ந்து இருக்கும் என்று எதிர்பார்க்கலாம். ஆனால், ஒரு விலக்கு; யாதெனில் இதர அண்டப் பொருளைப் பார்க்கப் புவி மிகச் சிறியதாக இருப்பதினால், இலேசான வாயுக்களான ஹைட்ரஜன் மற்றும் ஹீலியம், இவைகளோடு ஒட்டாமல் இருக்கின்றது இவை இரண்டும் விண்மீன்களில் அதிக அளவில் இருக்கின்றன. ஆனால், புவியில் குறைவாக இருக்கின்றன. முக்கியமாகப் புவியின் உள்ளகம் இரும்புவகைத் தனிமங்களைக் கொண்டதானால், இவை விண்மீன்களில் எந்த அளவில் இருக்கின்றனவோ, அதே அளவில் புவியிலும் இருக்கவேண்டும். இந்த வாதத்தின்படி. உள்ளகத்தின் பொருள் கூட்டு. 89 சதவீதம் இரும்பாகவும், 10 சதவீதம் நிக்கலாகவும், 1 சதவீதம் டிடானியம், குரோமியம், மாங்கனீஸ், கோபால்ட், செம்பு, மற்றும் துத்தநாகம், இவைகளைக் கொண்டவையாகும்.

இந்த முடிவை நாம் ஆராயமுடியும். உள்ளகத்தின் வெளியே இருக்கக்கூடிய சிறிதளவு இரும்பை நாம் தள்ளுபடி செய்தால் புவியில் 30 சத விதம் இரும்பாக இருக்கவேண்டும் என்பதே முடிவாக ஏற்படும். மீதியுள்ளது பெரும்பாலும் சிலிகேட் பாறையாகும். இதில் முக்கிய தனிமங்கள் ஆக்ஸிஜன், மெக்னீஷியம், மற்றும் சிலிகோன் முதலானவையாகும். ஆக்ஸிஜனை 30 சதவீதமென்று வைத்தால், சிலிகோனும், மெக்னீஷியமும் சேர்ந்து புவியின் மொத்த பொருண்மையில் 40 சதவீதமாக இருக்கும். அப்படியென்றால், புவியில் இரும்புக்கும் மெக்னீஷியம், சிலிகோன் ஆகிய இவை இரண்டுக்கும் உள்ள விகிதம் 3/4 ஆகும். இப்பொழுது நாம் கேட்கக்கூடிய நுட்பமான கேள்வி யாதெனில், விண்மீன்களும் இதே விகிதத்தைக் காண்பிக்கின்றனவா ? இப்படி இருந்தால் அண்டரீதியாக புவியையும், விண்மீன்களையும், ஒப்பிடுவதில் ஒரு நம்பிக்கை உடையவர்களாக இருக்கலாம் இதிலிருந்து புவியின் உள்ளகத்தை இரும்பு நிக்கல் கூட்டுப் பொருளாக மிக நம்பிக்கையோடு ஏற்றுக்கொள்ளலாம். இரும்பு ஓங்கிய அளவில் இருக்கும்.

அதிர்ஷ்டவசமாக விண்மீன்களின் கூட்டுப் பொருள்களைப் பற்றி நமக்கு நன்றாகத் தெரிந்திருக்கிறது அதனால், இந்தக் கேள்விக்கு நாம் பதில் கூறலாம். விண்மீன்களில் இரும்பின் பொருண்மைக்கும் மெக்னீஷியம், சிலிகோன், இவை இரண்டின் கூட்டுப் பொருண்மைக்கும் உள்ள விகிதம் கிட்டத்தட்ட 3/4 ஆனதால் புவியின் உள்ளகம், இரும்பினால் ஆக்கப்பட்ட உள்ளகம் என்று கூறுவதில் தவறில்லை.

ஒரு முக்கியமான துணை வாதத்தை இங்குக் குறிப்பிடுவோம். எரிமீன்கற்கள் (meteorites) என்று சொல்லப்படும் பொருள் துண்டு

கள் சில சமயங்களில் வான வெளியிலிருந்து நம் வளிக்கூண்டு புகுகின்றன. இவ்வாறு புகுந்து புவியின் மேற்புறத்திலும் வந்து விழுகின்றன. இவை இரண்டு வகைப்படும். ஒன்று கெட்டியான கல்லைப் போன்ற சிலிகேட் வகை, மற்றொன்று இரும்பு வகை ஆகும். எரிமீன் கற்கள் கூட்டு வகையில் புவியைப் போன்று ஒரு கோளின் துண்டுகளாகக் கருதப்படுவதினால் எரிமீன்கள் எப்படி இரண்டு வகையாக இருக்கின்றனவோ, அதேபோல் புவியின் பொருளும் இரண்டு வகையானவை எனலாம். அதாவது பாறையினால் ஆன மேற்போர்வையும் இரும்பு உள்ளகத்தில் பொருளும் என இரண்டாகும்.

எரிமீன்களுக்கும் (meteor) எரிமீன் கற்களுக்கும் (meteorites) உள்ள வித்தியாசத்தை உணரவேண்டும். எரிமீன்கள் நம் வளியின்றும் வெளிப்புறத்திலிருந்து புகும் தூசுகள் ஆகும். ஆனால் எரிமீன் கற்கள் காணப்படுவது அரிது. எரிமீன்கள் நம் வளியினுள் ஏராளமான அளவில் தொடர்ந்து புகுகின்றன. எரிமீன் கற்கள் கோள்களின் ஆக்கத்தினால் ஏற்பட்டும் கூளங்களாகவோ, சிறிய கோள்களின் பிளவுகளினாலோ ஏற்படுகின்றன என்று கருதப்படுகிறது. ஆனால், எரிமீன்கள் வால்மீன்களின் பிளவுகளினால் ஏற்படும் கூளங்களாகக் கருதப்படுகின்றன.

புவியின் உட்புற வெப்ப நிலை (The temperature inside the Earth)

உள்ளகத்தில் மேற்புறத்தில் வெப்பநிலை இரண்டு விதிகளுக்கு உட்பட்டுள்ளன. அதாவது உள்ளகத்தில் இரும்புப் பொருளை உருக்கக்கூடிய அளவு அதிகமாயும் அதே சமயத்தில் மேற்போர்வையின் பாறையை உருக்க இயலாத அளவு குறைவாயும் வெப்பநிலை இருக்கவேண்டும். அப்படியானால் உள்ளகத்தின் மேற்புறத்தில் வெப்பநிலை இரண்டு குறிப்பிட்ட எல்லைகளுக்குள் இருக்க வேண்டும். அதாவது இரும்பின் உருகுநிலை (melting point)க்கு மேலும் மேற்போர்வைப் பாறையின் உருகுநிலைக்குக் கீழாகவும் இருக்கவேண்டும். நாம் அதிர்ஷ்டம் உடையவர்களாயும், இந்த இரண்டு எல்லைகளும் அருகாமையில் உள்ளவையாகவும் இருந்தால் உள்ளகத்தின் மேற்புற வெப்பநிலை ஒரு சிறிய வித்தியாசத்தை உடையதாக இருக்கும்.

புவியின் பருப்பொருள் அறிஞர்கள் (Geophysicists) இதைப்பற்றி நெடுநாட்களாக அறிந்திருந்தார்கள். ஆனால், ஒருவரும் இதைப் பயன்படுத்த முடியவில்லை. ஏனென்றால், உயர்ந்த அழுத்தத்தில் இரும்பின் உருகுநிலை யாதென்று தெரியவில்லை.

ஆனால், சமீபத்தில் F. E. சைமன் (F. E. Simon) என்பவர் உள்ளகத்தின் மேற்புறத்தில் இரும்பின் உருகுநிலை 4,000 சென்டிகிரேட் என்று கண்டுபிடித்தார். பாறைகளினால் ஆக்கப்பட்ட மேற்போர்வையின் உருகுநிலை 6,000 சென்டிகிரேட் என்று வைத்தால், உள்ளகத்தின் மேற்புற வெப்பநிலை சுமார் 4,000 சென்டிகிரேடுக்கு மேல் இருக்கலாம் என்று தெரிகின்றது. ஆனால், இது 6,000 சென்டிகிரேடுக்குக் குறைவாக இருக்கும். நாம் இதை 5,000 சென்டிகிரேட் என்று கணக்கிட்டால் தவறு மிக அதிகமென்று சொல்ல முடியாது.

நம் வாதத்தை முடிக்க இன்னும் ஒரு கருத்தைத் தெரிவிக்க வேண்டும். உள்ளகத்தின் இரும்பு ஓர் உலோகமானதால் இது வெப்பத்தைக் கடத்த உதவும். ஒரு நுட்பமான வாதத்தைக் கொண்டு பின்வரும் அத்தியாயத்தில் வரும் வாதத்தைப் போல், உள்ளகத்திலுள்ள வெப்பநிலை மாறுபாடு அதிகமாக இருக்க முடியாது என்று காண்பிக்கலாம். உள்ளகத்தின் வெப்பநிலை எல்லா இடங்களிலும் கிட்டத்தட்ட ஒரே அளவில் இருக்க வேண்டும். இதனால் நாம் வெப்பநிலையின் மதிப்பை 5,000 சென்டிகிரேட் என்று வைத்தது மொத்த உள்ளகத்திற்கும் ஒரு மாதிரியாக விளங்கும் எனலாம்.

புவியின் வெப்பநிலை பற்றிய சரித்திரம்: (The thermal history of the Earth)

புவி அதிக வெப்பநிலை உடைய ஒரு உருகிய பொருளாகத் தோன்றியிருக்க வேண்டும் என்று நினைத்த காலங்களில் 5,000° சென்டிகிரேட் உட்புற வெப்பநிலை அதிகமெனக் கருதப்பட்டது. ஆனால், நவீன கால கருத்துகளின்படி புவி அநேக சிறிய குளிர்ந்த பொருள்களினால் ஆக்கப்பட்டது என்றும், உட்புற வெப்பநிலை 5,000° சென்டிகிரேட் என்பது குறைவான வெப்பம் அல்ல என்றும் தோன்றுகிறது—அதாவது வெப்பநிலை ஏன் இவ்வளவு அதிகமாக இருக்கின்றது என்பதை விளக்குவது கடினமாகிவிட்டது. கதிரியக்கப் பொருள்களினால் இடைவிடாமல் வெளிப்படுத்தப்படும் வெப்பத்தினால் புவி வெப்பமாக்கப் படுகின்றது என்பதும், இப்பொருள்களில் பொட்டாசியமும், யூரேனியமும் மிகமுக்கியமானவை என்பதும் நமக்கு நன்றாகத் தெரிந்த உண்மைகளாகும். புவி இவ்வாறு வெப்பம் மூட்டப்பட வேண்டும் என்பது நம்பக்கூடியதாகும். எந்த அளவில் என்பது கேள்வி. கதிரியக்க முறைகளினால் எவ்வளவு வெப்பம் ஏற்படும் என்று எதிர்பார்க்கலாம்? புவி முதலில் குளிர்ந்திருந்தது என்றும் வெளிப்பட்ட வெப்பம் எதுவும் இழக்கப்படவில்லை என்றும் வைத்தால், உட்புறம் எவ்வளவு

வெப்பமுடையதாக இருக்கவேண்டும்? இது தெளிவாக, புவி அதன் ஆக்கக்காலத்தில் எவ்வளவு கதிரியக்கத்தன்மை வாய்ந்த பொருளை உடையதாய் இருந்தது என்பதைப் பொருத்திருக்கின்றது. ஹெரால்டு யூரே (Harold Urey) என்பவர் புவியில் முதலில் இருந்த கதிரியக்கப் பொருளின் அளவு எரிமீன் கற்களில் உள்ளதைப் போன்றே ஆகும் என்ற பொருத்தமான கருத்தைக் கொண்டு இதற்கு விடையைக் கண்டு பிடித்திருக்கிறார். இந்த இரண்டாவது உண்மையை எரிமீன் கற்களின் ஆக்கத்தைக் கொண்டு கண்டுபிடித்து விடலாம். (இத்தோடு இவைகளின் வயதான 4,000 மிலியன் ஆண்டுகள் என்ற அளவையும் சேர்த்துக் கொள்ளவேண்டும்.) யூரேயின் ஆராய்ச்சியில் ஒரு வியக்கத்தக்க உண்மையும் இருக்கின்றது. முன்பு வெப்பம் முக்கியமாக யுரேனியத்திலிருந்து கிடைக்கின்றது என்று கருதப்பட்டது. அப்படி இல்லாமல் பொட்டாசியத்திலிருந்துதான் இந்த வெப்பம் கிடைக்கின்றது என்ற உண்மை புலப்படுகின்றது. ஆனால், பொட்டாசியத்தினால் ஏற்படும் விளைவைச் சேர்த்துக் கொண்டாலும் வெப்பம் குறைவானதாகவே இருக்கின்றது. அதாவது 1,500 சென்டிகிரேட் அளவில்தான் இருக்கின்றது.

இந்த ஆராய்ச்சியைக் கொண்டுதான் நான் சில ஆண்டுகளுக்கு முன்பு புவியின் உட்புற வெப்பநிலை அவ்வளவு அதிகமாக இருக்காது என்று தெரிவித்தேன். 'புவியின் உட்புற வெப்பநிலை உண்மையாக அதிக அளவில் இருக்கும் என்பதற்கு நேரிடை ஆதாரம் ஒன்றும் இல்லை. கிடைத்திருக்கும் மறைமுக ஆதாரம் புவியின் நடுப்புறம் ஓர் எரியும் கட்டையைவிட அதிக வெப்பமுடையதாக இருக்காது என்ற உண்மையையே காண்பிக்கின்றது.'[1]

சில சிறந்த நேரிடை ஆதாரங்கள் இந்தக் கருத்து தவறு என்பதைக் காண்பிக்க நமக்குக் கிடைத்திருக்கிறது. சமீபத்தில் இரும்பு உருகு நிலையைப்பற்றி சைமன் என்பவரின் ஆராய்ச்சியிலிருந்து உள்ளகத்தில் வெப்பநிலை 5,000 சென்டிகிரேட் என்பது தெரிகின்றது. இது ஓர் எரியும் கட்டையைவிட அதிக வெப்பமுடையதாகும். இது ஒரு மின்சார உலைக்களத்தைவிட (electric furnace) அதிக வெப்பமானதும். ஆனால், ஞாயிற்றின் மேற்புறத்தைப் போல அவ்வளவு வெப்பமல்ல. ஆனால், ஞாயிற்றின் உட்புறத்தைப் பார்க்க வெப்பமாகவே இராது. இங்கு வெப்பநிலை 10,000,000° சென்டிகிரேடுக்குமேல் இருக்கின்றது. ஆனால், இது விளக்கம் கொடுக்கவேண்டிய அளவு அதிக வெப்பமாகவே இருக்கின்றது.

[1] பேரண்டத்தின் இயல்பு (The Nature of the Universe) என்ற புத்தகத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்ட மேற்கோள்.

ஜெஃப்ரீஸுக்கு ஒரே ஒரு விடையைக் கொடுக்கப்பட்ட— இன்னொரு சிறந்த காரணமும் உள்ளது. புவியின் உள்ளகத்தில் உள்ள இரும்பு அனைத்தும் அது உருவாக்கப்பட்டபொழுது புவியின் நடுப்பகுதி யிலேயே இருந்திருக்கவேண்டும் என்று எடுத்துக்கொள்வது மிக வும் செயற்கையான ஓர் ஊகமாகும். இதனால், இது புவியை உற்பத்தி ஆக்க வியலும் நம்பத்தகாத ஓர் உறைமுறை (mode of coagulation)யைப் பொறுத்ததாகும். இதனால், இரும்பினால் ஆக்கப் பட்ட துகள்கள் முதலில் உருவாக வேண்டும், இப் பொழுது இருப்பது போல உற்பத்தி ஆன பிறகு பெரும்பாலும் பாறை யினால் ஆக்கப்பட்ட துண்டுகள் இதோடு சேர்க்கப்பட வேண்டும் என்பதாகும். முதலில் முழுமையாக இரும்புப் பொருள், பாறைப் பொருள், என்று இரண்டு பொருளாகப் பிரிக்கப்படுவது நிச்சய மில்லை. இவ்வாறு விருப்பக் கற்பனை உருவாக்கத் தெளிவாக ஒப்புக்கொள்ள முடியாது. ஆனால், தற்போது புவியின் உள்ளகத் திலிருக்கும் இரும்பு முதலில் இல்லாவிட்டால் இது புவியின் மத்தி யில் மூழ்கி யிருக்க வேண்டும். இரும்பு மூழ்கும் பொழுது ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இதனால், புவியின் உட்புறம் கதிரியக்கப் பொருள்களினால் ஏற்படும் வெப்பத்தை விட அதிக அளவில் வெப்ப மாக்கப்படுகின்றது.

இந்த யோசனை மிகவும் திறமையாக இருந்தாலும், நமக்குத் தேவைப்பட்ட விளக்கமாக இருக்காது என்று எனக்குத் தோன்று கிறது. ஏனென்றால், இரும்பு நடுவில் மூழ்கிய பிறகு வெப்பநிலை 1,500° செண்ட்டிகிரேடுக்கு மேல் இருக்க முடியாது. இந்த வெப்ப நிலையில் புவியின் ஆழ்ந்த உட்புறம் நன்றாகக் கட்டப்பட்டிருக்கும் இரும்பு ஒரு கெட்டியான பாறைத் திரள் வழியே மூழ்கிச் செல்ல முடியுமா என்பது மிகவும் சந்தேகத்திற்குரியதாகும். புவியின் மேற்புறத்திலுள்ள இரும்புக் கட்டிகள் நிச்சயமாக உட்புறம் மூழ்கவில்லை. நான் சந்தேகப்படுவது என்ன வென்றால், இரும்பு பாறையினுள் புதிந்து கெட்டுமா, எவ்வாறோ உள்ளகம் இதனால் உருவாகுமா? இதுவே என் சந்தேகம். இந்த யோசனை நம் பிரச் சினையைத் தீர்க்காவிட்டாலும் ஒரு முக்கியக் கேள்வியை எழுப்புகிறது. அதாவது, புவியின் உள்ளகம் எவ்வாறு உண்டாக் கப்பட்டது என்பது. இதற்கும் விடை காணவேண்டும்.

புவியின் உட்புற வெப்பநிலையைப்பற்றிய சரியான விடை யைக் கீழ்வரும் வாதம் கொடுக்கின்றது என்று நான் நம்புகிறேன். நான் சற்றுத் தயக்கத்தோடு இவ்வாதம் செய்கின்றேன். ஏனென்றால் என்னுடைய கணக்கு முடிவுகளுக்கும் மற்ற ஆராய்ச்சியாளர்களின்

முடிவிற்கும் வித்தியாசம் இருக்கின்றது. இந்த வித்தியாசம் எங்கு இருக்கின்றது, என்பதை உரிய இடத்தில் காட்டுகின்றேன்.

புவியின் ஆக்கம் சில குளிர்ந்த பொருள் துண்டுகள் படிப்படியாகச் சேர்க்கப்பட்டதினால் ஏற்பட்டது என்று நினைக்கின்றோம். கருக்கூடிய பரிமாணத்திற்கு இவ்வாறு சேர்க்கப்பட்டதும் மூலக்கோளின் மேல் சிறுபொருள் மழை பொழிந்து கொண்டேயிருக்கும் என்று நினைக்கலாம். ஒரு துகள் மேற்புறத்தை அடைந்தவுடன் இதன் இயக்கம் அழிக்கப்பட்டு வெப்பம் உற்பத்தி ஆக்கப்பட்டது. ஆனால், இது மேற்புறத்தை வெப்பமாக்குமே தவிர உட்புறத்தை அல்ல. மேற்புறத்தில் தோன்றாக்கப்படும் வெப்பம் வானவெளியுள் கதிர்வீசலாக வெளியேற்றப்படும். உட்புற வெப்பம் வேறு வழியில் ஏற்படவேண்டும். பழைய புவி பரிமாணத்தின் வரை அதன் உட்புற அழுத்தம் அதிகமாக்கப்பட்டது. உட்புற அழுத்தம் அதிகமாகப் பொருள் நசுக்கப்பட்டது. முதலில் குறைவாகவும் போகப்போக அதிகமாகவும் ஆயிற்று. இந்த நசுக்கத்தினால் வெப்பம் வெளிப்பட்டு உட்புற வெப்பநிலை அதிகரித்தது.

இந்த நிலை இப்படித் தான் ஏற்பட்டது என்பதில் சந்தேகமில்லை. இது எவ்வளவு பயனுள்ளதாகும் என்பது தான் சந்தேகத்திற்குரியது. நான் கணக்கீடு செய்து கண்டறிந்த மதிப்பீடுகளிலிருந்து வெப்பநிலையில் ஏற்படும் உயர்வு முக்கியத்துவம் இல்லாததாகும் என்று தெரிகிறது. ஆனால், நான் சமீபத்தில் செய்த கணக்கீடுகள் வேறு முடிவைத் தருகின்றன. குறிப்பாகச் சொல்வது நல்லதாகும். உள்ளகத்தின் வெளிப்புறத்தில் பாறை சாதாரண அடர்த்தியான 3·3 (தண்ணீரின் அடர்த்தியைப் போல) என்ற அளவிலிருந்து நசுக்கப்பட்டு இதனால் 5·6 ஆக ஆக்கப்பட்டது. இது அழுத்தம் ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு 20 மில்லியன் ராத்தல்களாக இருக்கும்பொழுது ஏற்பட்டது. இந்த நிலைகளில் வெளிப்படும் வெப்பம் சரிசமமாக உள்ள பாறை, இரும்பு, கூட்டுப் பொருளின் வெப்பநிலையை 4,000 சென்டிகிரேடுக்கு மேல் உயர்த்தும். இது கிட்டத்தட்ட நம் தேவைகளுக்குப் பொருத்தமாக இருக்கின்றது. ஆகையினால், புவியின் உட்புறத்தில் தற்போது உள்ள வெப்பநிலை புவி கூட்டப்படும் பொழுது ஏற்பட்ட வெப்பநிலையாகும். இந்த வெப்பம் அதிக அழுத்தத்தில் ஏற்பட்ட நசுக்கத்தினால் ஆகும்.

அழுத்தத்தின் விளைவுகளை இன்னும் சேர்த்துக் கொள்வது வெப்பநிலைப் பிரச்சினையைத் தீர்ப்பதாகத் தோன்றும். ஆனால்,

உள்ளகம் எவ்வாறு ஆக்கப்படுகின்றது என்பதை இன்னும் ஆராய வேண்டியதாகும். முதலில் இரும்பு எப்படி நடுப்புறத்தில் விழுந்தது என்பதைப் புரிந்து கொள்வது முதலில் எளிதாகத் தோன்றும். உட்புற வெப்பநிலை 5,000° சென்டிகிரேடாக இருக்கும் பொழுது இப்பொருள் திரவ நிலையில் இருந்தால் இரும்பு திரவமாக நடுப்புறத்தில் குவிந்துவிடும். ஆனால், இவ்வாறு பிரச்சினையைத் தீர்த்துவிடுவது தொடக்கங்களை மறந்துவிடுவதாகும். இரும்பு உருகிய நிலையை அடைவதற்குப் போதிய அளவு வெப்ப மடைந்திருப்பது உண்மையாக இருக்கலாம் (வெளிப்புற அடுக்குகளைத் தவிர). ஆனால், பாறை தற்போது உருக்கப்படாத நிலையில் புவி உருவாக்கப்படும்பொழுது பாறைகளின் உருக்கு நிலையும் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும் என்று வைத்துக்கொள்வது சரியாகாது. ஆகையினால் இந்தப் பிரச்சினை கனமான நீர் (இரும்பு) இலேசான நீர் வழியே (பாறை) செல்வதாகாது. திரவமான இரும்பு திடமான பாறையில் பொருத்தி வைக்கப்பட்டிருப்பதே இந்தப் பிரச்சினையாகும். இந்நிலைகளில் இரும்பு எவ்வாறு புவியின் மையத் திற்குச் சென்றது? எனக்குத் தெரிந்தவரையில் இந்த வகையில் ஒரு கோட்பாட்டை இந்தப் பிரச்சினையைத் தீர்க்கும் வழியில் கொடுத்தவர் T. கோல்டு (T. Gold) என்பவராவார். இது தனியாக ஆராய்வதற்கு ஏற்ற ஒரு நிலைப்பாடாகும்.

கோல்டின் நுண்துளைக் கோட்பாடு (Gold's pore theory)

முதலில் புவி பாறைப் பொருள்களைக் கொண்ட ஒரு கட்டுப் பொருள் என்று எதிர்பார்க்கலாம். இதுமட்டுமன்றிப் புவி யைச் சிறு துகள்களைக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்டதென்று நாம் நினைப்பதினால் ஒன்றாக இருக்கும் பல இடங்களுக்குள் முதலில் கட்டமைப்பில் மிகவும் கருதத்தக்க அளவில் வித்தியாசங்கள் இருக்கலாம். இரும்பு சில பெரிய நெருக்க நிலைகளில் மட்டும் இருக்காது என்று நாம் எதிர்பார்ப்பதில்லை; அதேசமயம் சிறு நுண்துளை களில் பரவிக் கிடக்கும் என்று கருதலாம். சில சமயங்களில் ஒரு நுண்துளை மற்றொரு நுண்துளையோடு சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். அப்படி இருக்கும் பொழுது நீர் இவைகளுக்கிடையே பாயும்; அதாவது, வாயிலின் முன்றில் வைக்கப்பட்ட இரண்டு பலூன் களின் இடையே வாயு பாய்வதுபோல. இதனை இன்னும் பெரிய அளவில் நுண்துளைகள் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும்.

இப்பொழுது ஒரு முக்கியப் பிரச்சினை எழுகிறது. இரண்டு துளைகள் இவ்வாறு சேர்க்கப்பட்டால் எந்த வழியில் நீர் பாயும்? எந்தத் துளை வெளிப்புறத் துளையோடு அதிகமாக வைத்திருப்பதோ இதற்கு விடை இந்த இரண்டு துளைகளும் புவியின் மையத்திலிருந்து எவ்

வளை தொலைவில் உள்ளன என்பதைப் பொறுத்திருக்கும். நீர் சுற்றியுள்ள பாறைகளைவிட அதிக அடர்த்தி உடையதாக இருந்தால், அதாவது உருகிய இரும்பு சுற்றியுள்ள பாறையைக் காட்டிலும் அதிக அடர்த்தி உடையது போல, மையத்தின் அருகிலுள்ள நீள்துளி மற்றொரு துளியைவிட அதிகமாக வளரும். (தொலைவு ஒன்றாக இருக்கும் பொழுது எவ்விதமான பாய்ச்சலும் இருக்காது). இதே வழியில் இரும்பு புவியின் மையத்தை நோக்கி உட்புறமாகப் பாயும் தன்மையை உடையதாக இருக்கின்றது. ஒரு துளியிலிருந்து மற்றொரு துளிக்குப் போக்கு அரைவிட்ட வழி இருக்கும்பொழுது இது உட்புறமாகச் சுற்றுப்புறப் பாறைகளிலும் பிரிபடுகின்றது. எல்ஸ்ஸியின் கருத்துப்படி இது புவியின் உள்ளகத்தின் ஆக்க முறையாகும்.

புவியின் மேற்புறத்தில் வாழும் நமக்கு இந்த முடிவுகளில் ஒரு தனி நாட்டம் இருக்கின்றது. உண்மையில் இவை விரைவாக எரிமலைகளின் வெடி நிலைகளைப் பற்றியும், பூகம்பங்களைப்பற்றியும் பெருங்கடல்களின் உற்பத்தியைப் பற்றியும், கனிப் பொருள்களின் சேமிப்பைப் பற்றியும், கண்டங்களின் மூலங்களைப் பற்றியும், விளக்கங்களைக் கொடுக்கலாம் என்று தோன்றுகிறது.

இரும்பைத் தவிர மற்றப் பொருள்கள் அழுத்தத்தின் பொழுது நீர்மமாக மாறியிருக்க வேண்டும். இந்த அழுத்தம் புவியின் ஆக்கக் காலத்தில் ஏற்பட்டதாகும். இரும்பும் மெக்னீசியம் சிலிகேட்களும் புவியின் ஆக்கத்திற்கு உதவிய சிறு பொருள்களில் முக்கியமாக இருந்தாலும், மற்றப் பொருள்களும் நிச்சயமாகச் சிறு அளவில் இருந்திருக்கும். இவைகளும் அதேபோல் இரும்பைவிட எளிதில் நீர்மமாகக் கூடியவை. நீர், கந்தகம், தகரம், மற்றும் ஈயம், இவை உதாரணங்களாகும். இப்பொருள்கள் புவியின் உட்புறத்தில் திரவத் துளிகளை உற்பத்தி செய்யும். மேலும் இவை திரவ இரும்பு உடைய துளிகளைப் போலவே நடந்து கொள்ளும். ஆனால், இவைகளுள் சிலவற்றுள் ஒரு முக்கிய வித்தியாசமிருக்கும். ஒரு துளி அதன் சுற்றுப்புறத்திலுள்ள பாறைகளை விடக் குறைந்த அடர்த்தி உடையதானால் ஒரு துளியிலிருந்து மற்றொரு துளிக்கு உள்ள பாய்ச்சல் மேற்புறத்தை நோக்கி இருக்கும், மையத்தை நோக்கிக் கீழ்ப்புறமாக இருக்காது. நீர்மமாக உள்ள இரும்பைப் போன்று இல்லாமல் இவ்வாறு மேற்புறமாகப் பிரிக்கப்படும் இலேசான திரவங்கள் என்ன ஆகின்றன? எப்பொழுது இப்பிரிவு நிறுத்தப்படுகின்றது? வெளிப் புறத்திலுள்ள பாறைகள் ஒரு விதப் பிளவும் உடையதாக இல்லாவிட்டால் மிகவும் இலேசான திரவங்களும் இவைகளை ஊடுருவிப் புவியின் மேற்புறத்திற்கு வந்திருக்க முடியாது. இத

றால், இலேசான திரவங்கள் வெளிப்புறப்பாறைகளுள் அடைக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வாறான நிலை ஏற்பட்டிருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். அதாவது முதல் சில 100 கிலோ மீட்டர்கள் ஆழத்தில் ஓர் இலேசான நீர் புவியின் உட்புறங்களிலிருந்து பிழியப்பட்டதாக வைத்துக்கொள்வோம். இது கனமான திரவம் உட்புறமாகப் பிழியப்பட்ட அளவில் அவ்வளவு அதிகமாக இருக்காது. ஏனென்றால், புவியின் ஆரத்திற்கு ஆன பொருள்களில் இலேசான நீர்மகுரிய பொருள்கள் குறைந்த அளவில் தான் இருந்தன. ஆனாயினும், இலேசான நீர்கள் கீழ் அடுக்கு மேற்பாறைகளின் பரிமாணத்தில் ஒரு சிறு சதவீத அளவே இருக்கின்றது. நாம் வாய்களிலும் ஆழாய்களிலும் இணைக்கப்பட்ட சில நுண்துளைகளில் இந்த நீர் பரவியிருக்கும். இப்பொழுது மேலுள்ள பாறையில் ஒரு பிளவு உள்ளதாக வைத்துக்கொள்வோம். இந்தப் பிளவு மேற்புறத்திற்குக் கீழேயுள்ள நுண்துளைகளில் ஒன்றிற்கும் ஓர் இணைப்பை ஏற்படுத்துவதாக வைத்துக்கொள்வோம். இப்பொழுது என்ன ஏற்படுகிறது? வெளிவாகச் சுற்றுப்புறமுள்ள பாறை துளையிலுள்ள நீரைப் பிழிந்து இதை மேற்புறத்திற்குத் தள்ளிவிடுகிறது. இதைத்தான் எரிமலையின் வெடிப்பில் காண்கிறோம்.

மேல் சிற்றிடை வெளியில் (Vert) ஒரு தடை ஏற்பட்டாலன்றித் துளையில் நிரம்பியுள்ள நீர் மொத்தமாக மேற்புறத்திற்கு ஏறும். உண்மையில் போக்குகளுக்குரிய, கால்வாய்களை உடைய ஒவ்வொரு துளையிலும் உள்ள நீர் மேற்புறத்திற்கு வெடித்துக் கிளம்பும். ஆனால், இவ்வழியில் ஒரு தடை ஏற்பட்டால் இவ்வாறு நடக்காது. இக்கடை ஒரு நீர் மேற்புறத்தை நோக்கி வரும்பொழுது குளிர்ந்து கட்டிப் படுவதினால் ஏற்படலாம். இது நடக்கின்றதா இல்லையா என்பது நீரின் உருகு நிலையைப் பொறுத்திருக்கும். சில எரிமலைகள் சுமார் 900 சென்டிகிரேட் அளவில் குறைந்த உருகுநிலையை உடைய பாறைக் குழம்புகளை வெளிப்படுத்துகின்றன. இந்த உருகு நிலையில் மேல் துளையில் மிகக் குறைந்த அளவே நீர் கெட்டிப்படும். ஆகையினால் இந்த எரிமலைகள் குறைந்த காலத்தில் மிக அதிக அளவில் பாறைக் குழம்பை வெளியிடும்—ஒரு மொத்தத் துளையும் அல்லது மொத்தத் துளைகளின் தொகுதிகளும் ஒரே வெடிப்பில் வடிக்கப்படும். இவ்வாறு மிக அதிக அளவில் எரிமலைக் குழம்பு வெளிப்படுத்தப்பட்ட நிலைகளுக்கான அநேக உதாரணங்கள் இருக்கின்றன. இந்தியாவில் உள்ள டெக்கான் மேட்டு நிலத் (Deccan plateau) இல், 2 கிலோ மீட்டர்கள் கனத்திலும் 500,000 சதுர கிலோமீட்டர்கள் மேற்புறப் பரப்பு அளவிலும் உள்ள எரிமலைக் குழம்புப் பாறைகள் காணப்படுவதை உதாரணமாகக் காட்டலாம்.

சில எரிமலைகள் அதிக உருகுநிலையை உடைய பசியவைக் குழம்புகளை வெளியிடுகின்றன. இவை வெளியேற்ற வழியில் தடை செய்யும் கருவிகளாக மாற முயல்கின்றன. இதனால் ஏராளமான எரிமலைக் குழம்பு வெளியேற்றப்படாமல், இன்னொரு அபாயகரமான நிலை ஏற்படுகின்றது. சில சமயங்களில் ஒரு அடைப்புக்கட்டை (Plug) உருவாகிய பிறகு கீழ்ப் பாறைகளில் நீர்களின் இயக்கம் கெட்டியான அடைப்புக் கட்டையின் கீழே உள்ள இறுக்கத்தின் அழுத்தத்தை அதிகரிக்கின்றது. இந்த அழுத்தம் இந்த அடைப்புக்கட்டையின் சக்தியைவிட அதிகமானால் மேலும் ஏற்படக்கூடிய வெடிப்பினைத் தவிர்க்கமுடியாது. இந்நிலையில் இவ் வெடிப்பு அசாதாரண வல்லமையாக ஏற்படுகின்றது. ஏனென்றால் வெடிப்புக்கட்டை மிகவும் அதிக அழுத்தத்தை உருவாக்க உதவியாக இருந்திருக்கும். இதனால்தான் கிரகடோவா (Krakatoa)வில் 1883ல் ஒரு மிகப் பெரிய வெடிப்புத்தல் ஏற்பட்டது.

எரிமலைகளை உருவாக்கும் பிளவுகள் பெரும்பாலும் பெரிய மடிப்புகளை உடைய தொடர்களின் தொகுப்புகளில் காணப்படும். இதனால்தான் எரிமலைகள் மடிப்புகளை உடைய சிகரங்களோடு தொடர்பு உடையனவாகும். முக்கியமாக இளமையான மடிப்புகளை உடைய சிகரங்களோடு தொடர்பு உடையனவாகும். ஸ்காட்லாந்தில் உள்ள உயர்நிலப் பகுதிகளைப் போன்ற பழைய மடிப்புடைய சிகரங்களில் பிளவுகள் இப்பொழுது முற்றிலும் அடைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். இதனைக் குறிப்பவர்கள் இல்லாததினால் தான் கிழக்கு ஐக்கிய நாடுகளையும் (Eastern United States) பிரிட்டிஷ் தீவுகளையும் (British Isles) எரிமலை அமைப்புகளிலிருந்து காப்பாற்றியிருக்கவேண்டும் என்பது நினைப்பதற்கு இனிமையாக இருக்கின்றது.

இலேசான நீர்கள் மேற்புறமாக மிதப்பட்டது முதல் முதலாக எரிமலைகளிலிருந்து வெளிவிடப்படும் பாறைப் பொருள்களைப் பற்றியதாக இருப்பது ஒருவித வித்தையை அளிப்பதாக இருக்கலாம். ஏனென்றால் நாம் புவியின் உட்புறப் பாறை பெரும்பாலும் கெட்டியிலேயே இருப்பதாகப் பேசியிருக்கிறோம். இருப்பினும், புவி எளிதாக உருகக்கூடிய இலேசான பாறைகளை முதலில் உள்ளதாக இருந்தால், இது இலேசான நீர்களில் ஏராளமானதாக இருக்கும். எரிமலைக் குழம்புகள் இருப்பது இவ்வகைப் பாறைகளின் இருப்பைப் பற்றி அதிக நம்பிக்கையைக் கொடுக்கின்றது. எல்லாப் பாறைகளையும் விட எரிமலைக் குழம்புதான் குறைந்த அடர்த்தியை உடையதாகும். இதனால் இதை நிச்சயமாக ஒரு 'இலேசான' நீர் என்று கருதலாம். மேலும், எரிமலைக் குழம்பு

திரைகொடா எரிமலை வாயில் உள்ள எரிமலைக் குழம்பாக இருப் பினும், மெக்னீஷியம், சிலிகேட்டுகளை விடத் தாழ்ந்த உருகு நிலையை உடையனவாகும் மேற்போர்வையின் பாறையின் பெரும் பாலும் இதனால் ஆக்கப்பட்டதாகும்.

ஆகையினால் புவியின் உட்புறத்தில் இது உருவாகிய காலத் தில் குறைந்த அடர்த்தி உடைய திரவப் பாறை இருப்பதை நாம் ஏற்றுக்கொள்ள வேண்டும். ஆனால் இப்பொழுது கணிப்பட்ட வரையைக் கொத்த பாறை மிகக் குறைந்த அளவில் நமக்கு விளக்கம் தருவதற்கு தேவைப்படும் வகையில் நமக்குத் தெரிந்த எரிமலைகளிலிருந்து எரிமலைக் குழம்புகளாகப் பாய்ந்து வெளிப்பட்டு அழிந்துவிட்டது நிகழக்கூடிய ஒரு நிகழ்ச்சியாகத் தோன்ற வில்லை. இலேசான திரவப் பாறை இருந்தால் இது குறைந்தது ஒன்று அல்லது இரண்டு சதவீத அளவில் இருந்திருக்கலாம் என்று நாம் எதிர்பார்க்கலாம். இந்த இலேசான திரவம் எழும்பிப் புவி குறைந்த அடர்த்தி உடைய பாறையினால் ஆகிய ஒரு வெளிப் பகுதியை உருவாக்க உதவும்.

உண்மையில் புவி குறைந்த அடர்த்தியுடைய பாறையினால் ஆன ஒரு போர்வையை உடையதாகும். இவை மேற்பகுதியின் பாறையும், முக்கியமாகக் கண்டங்களின் பாறைகள் ஆகும். கண்டங்களின் பாறைகள் எப்படிப் புவியின் வெளிப்புறத்தை அடைந்தன என்பது நீண்ட ஒரு மர்மமாக இருந்தது. இப்பொழுது இதற்கான விளக்கம் கிடைத்துள்ளது. கண்டங்கள் குறைந்த அடர்த்தியை உடையனவாயும், குறைந்த உருகு நிலையை உடையன வாயும் உள்ள பாறையினால் ஆக்கப்பட்டவை. ஆகையினால் மேற் போர்வையின் கெட்டிப் பாறைகளினூடே புவியின் உட்புறத்தி லிருந்து வெளிப்புறமாகப் பிழிந்து வெளித் தள்ளப்பட்டுள்ளன.

இதனால் கண்டங்களின் பொருள் அனைத்தும் கடந்த காலத் தில் நமக்குத் தெரிந்திராத அநேக எரிமலைகளிலிருந்து வெளியே தள்ளப் பட்டிருக்க வேண்டும் என்று பொருள்கொள்ள வேண்டியதில்லை. ஓர் எரிமலையில் குறைந்த அடர்த்தியை உடைய திரவப் பாறை புவியின் மேற்புறத்தை அடைகின்றது. இது தேவைப்படாத ஒரு கட்டுப்பாடாகும், கண்டங்களின் அமைப்பைப் பொறுத்த வரையில் கண்டங்களை உயர்த்த அமைப்பின் அடிப் பாகங்களில் பாறைகளைச் சேர்க்கவேண்டியதாகும்—இந்தப் பாறை மேற்புறத் தின் ஊடாக வெடித்துப் புறப்பட வேண்டியதில்லை. இது மேற் பாறைகளின் தடிமனை உண்டாக்கும் வகையில் அமைந்தால் மட்டும் போதும்.

கண்டங்கள் புவியின் மிக உட்புறத்திலிருந்து பிழிந்து வெளியேற்றப்பட்டன என்று தெரிந்த பிறகு கடல்களில் உள்ள நீரும் இவ்வாறுதான் புவியின் மிக உட்புறத்திலிருந்து வெளியே கொண்டுவரப்பட்டன என்று கொள்வதிலே சிரமம் இராது. புவியின் ஆக்கத்திற்கு மூலகாரணமான பொருள்கள் தண்ணீரை உடையனவாகா என்று வைத்துக் கொண்டாலன்றி, புவியின் உட்புறம்தான் மேற்புறத் தண்ணீருக்கு முக்கிய மூலகாரணமாகும் என்ற கருத்தை மறுப்பது எளிதாகாது.

மேலே விவரித்த கோட்பாட்டை ஆதரிக்கும் வகையில் சில ஆதாரங்கள் இருக்கின்றன என்பது கவனிக்கத்தக்கது. இந்த ஆதாரங்களைத் தெளிவாக விளக்குவது நல்லது.

கண்டங்கள், கடல்கள் இவைகளின் உட்புற ஆக்க மூலம் (The internal origin of the continents and oceans).

மேற்புறப் பாறைகள் மேற் போர்வையின் சாதாரணப் பாறைகளை விட அதிக அளவு யுரேனியத்தை உடையதாகும் என்று நிரூபிக்கலாம். நிச்சயமாக எரிமீன்களைவிட மேற்புறப் பாறைகள் அதிக யுரேனியத்தை உடையனவாகும். மேற்போர்வையின் பாறைகள் எரிமீன்களைப் போன்றிருக்கும், மேற்புறப் பாறைகள் அவை இருப்பதைக் காட்டிலும் அதிகமாக இல்லாதிருக்கும்.

இதற்கான ஒரு விளக்கம் யுரேனிய அணு தனிப்பட்ட வகையில் பெரிய பரிமாணத்தை உடையதாக இருப்பதாகும். ஒரு இலேசான பாறையின் அணுக்களின் இடையே பெரிய அணுக்கள் பொருந்தி இருப்பது எளிதாகும். ஆனால், ஒரு கெட்டிப் பாறையின் அணுக்களினிடையே இவ்வாறு பொருந்தியிருப்பது எளிதாகாது. இதற்குக் காரணம் ஓர் இலேசான பாறையின் அணுக்கள் அடர்த்தியான பாறையின் அணுக்களைவிட ஒன்றுக்கொன்று தள்ளாக அமைந்திருப்பதேயாகும். அதனால் யுரேனியம் அணு, அதன் இச்சைப்படி நடக்க இயலுமானால் மேற்போர்வையின் உட்பாறைகளைவிட, மேற்புறப் பாறைகளிலேயே இருக்கும். யுரேனிய அணு எவ்வாறு இந்த நிலையைத் தேர்ந்தெடுக்கும்? இதற்கான விடையே இந்தப் பிரச்சினையின் இரண்டாவது பகுதியாகும்.

யுரேனியம், முதலில், புவி முழுவதும் மிகச் சமமாகப் பரவியிருந்ததாக நாம் கருதவேண்டும் என்று எனக்குத் தோன்றுகிறது. அப்படியென்றால் யுரேனியம் எப்படி மேற்புறப் பாறைகளில் திட்டமாக இருக்கும்? இதற்குத் தகுந்த விளக்கம், எனக்குத் தெரிந்தவரை, மேற்புறப் பாறைகளே இவைகளைக் கொண்டு

வந்திருக்கவேண்டும் என்பதே. இது எவ்வாறு ஏற்பட்டது என்பதை எளிதாக முன் அலைக் கோட்பாட்டு ரீதியாகக் காணலாம். முதலில் புவியின் உட்புறத்தில் மிக ஆழமாக இருந்த இலேசான திரவப் பாறை பெருமேற்புறப் பாறைகளோடு சேரும் வண்ணம் பிரிந்து எடுக்கப்பட்டதாக வைப்போம். தண்டுகளின் மேற்புறத்தில், திரவம் கெட்டியாகவும் அடர்த்தியாகவும் உள்ள மேற்போர்வைப் பாறைகளோடு சேரும் இடத்தில், யுரேனியம், மேற்சொன்ன காரணத்தினால், அடர்த்தியான பாறையிலிருந்து இலேசான பாறைக்குச் செல்லும். இந்த நிலையில் திரவம் ஒரே கெட்டிப் பாறைத் தண்டோடு நிரந்தரமாகச் சேர்ந்திருக்காது. வெளிப்புறப் பயணத்தின் பொழுது மேற்போர்வையின் புதிய புதிய கெட்டிப் பாறைகளோடு அடிக்கடி சேர்ந்திருப்பதன்றி யுரேனியம் தொடர்ச்சியாக திரவப் பாறைக்குச் செல்லும். இந்த வழியில் தண்டுகள் யுரேனியத்தைச் சேமிக்கும் கருவிகளாக அமையும். இவை யுரேனியத்தை உட்புறங்களிலிருந்து சிறப்புக் கடத்தி தொடுத்து மேற்புறத்திற்கு எடுத்துச் செல்லுகின்றன. இதுதான் மேற்புறப்பாறைகளில் யுரேனியப் படிவங்கள் காணப்படுவதற்கு ஏற்ற விளக்கமாகும் என்று தோன்றுகின்றது. இதுபோன்ற முறைதான் பெரிய பட்டாளத்தை உடைய மற்ற தாதுக்களின் திட்பத்திற்கும் காரணமாகும். உதாரணமாக, ஈயம், செம்பு, பிளாட்டினம் மற்றும் பாதரசம் ஆகிய தனிமங்களுக்குக் காரணமாக இருக்கும்.

அடுத்தபடியாக கடலின்கீழ் உள்ள இடுங்கிய செங்குத்தான பாறைகளைப் பற்றிய பிரச்சினையை ஆராய்வோம். இது நதிகள் நிலப்பகுதிகளில் வெட்டி எடுத்த பாறைகளைப் போன்றவையாகும். உதாரணமாக தனிச்சிறப்பு வாய்ந்த பாறை, (the Grand Canyon), நதிகள், இப்பொழுது உள்ளவையோ அல்லது முன் இருந்தவையோ, கடல் இப்பொழுதுள்ள மட்டத்தை விட கீழே இருந்தால் அப்பொழுது பாய்ந்த இடங்களிலெல்லாம் கடலின் அடிப்பாறைகளை உடைத்து செய்திருக்கின்றன. ஆகையினால் இப்பொழுது உள்ளதைவிட இன்னும் கீழேதான் கடல் இருந்திருக்க வேண்டும். அப்பொழுது தான் கீழ்ப்பாறைகள் வெட்டப்பட்டிருக்கவேண்டும் என்று கொள்வது இயல்பாகும். ஹட்ஸன் நதி (Hudson river) இவ்வாறுள்ள கரைப் பாறைகளை (offshore canyons) உடைய ஒரு நதியாகும்.

கண்டங்களின் உட்புற ஆக்கமும் கடல் இப்பொழுது இருப்பதைவிடக் கீழே இருந்திருக்கக்கூடும் என்பதற்கான விளக்கத்தைக் கடல்களின் உட்புற ஆக்கமும் அளிக்கின்றது—

கடந்த காலத்தில் புவியின் உட்புறத்திலிருந்து இப்பொழுதை விடக் குறைந்த அளவில் நன்னீர் பிழிந்து எடுக்கப்பட்டதே இந்த விளக்கத்தின் அடிப்படையாகும். ஆனால், மிகவும் குழப்பமான இப்பாடு ஏற்பட்டதினால் புவியியல் அறிஞர்கள் (geologists) அடிப்பாறைகள் நதிகளினால் வெட்டப்பட்டன என்ற நேரிடைக் கோட்பாட்டைக் கைவிட்டுக் கடலின் அடியில் உள்ள மென்சரி ஓடை (mud chutes) களினால் கடல் அடிப்பாறைகள் வெட்டப்பட்டன என்ற கொள்கையை ஏற்றுக் கொள்ளுகின்றனர். கடலடிப் பாறைகளில் அநேகம் கெட்டியான பாறைகளினால் ஆக்கப்பட்டவைகளாக இருப்பதால் இந்தக்கருத்து பொருத்தமற்றதாகத் தோன்றுகிறது — கண்ணாடியின் அடியில் இருக்கும் பொருளை யாரையாவது குத்திப்பாருங்கள். அப்பொழுது இந்தக் கருத்தின் முட்டாள்தனம் புலப்படும்.

இப்பொழுது மூழ்கியிருக்கும் கடலடிப்பாறைகள் ஒரு சமயம் நதிகளினால் வெட்டப்பட்டவை என்ற கருத்திற்கு எதிரான வாதம் யாதெனில் நிலப்பகுதியில் நதிகளின் அடியில் உள்ள இவ்வாறான பாறைகளின் சரிவு தெரிந்த வரையில் கடலடிப் பாறைகளைப்போல் அவ்வளவு அதிகமாக இல்லை என்பதே. உதாரணமாய் ஹட்சன் நதியின் பாறையின் அடிப்பகுதி கிராண்ட் கென்யனின் (Grand Canyon) அடிப்பகுதியைவிடப் பத்து மடங்கு செங்குத்தாக இருக்கின்றது. இதுமட்டுமன்றிக் கடல் ஏதோ ஒரு மாயவித்தையினால் மட்டத்தில் இப்பொழுதைவிட இன்னும் குறைந்த மட்டமுடையதாக இருந்து, நதிகள் இப்பொழுது உள்ள செங்குத்துப் பாறைகள் வழியே பாய்ந்தால் அப்பொழுது ஏற்படும் பலமான அருவிகளினால் (cascades) அடிப்பாறைகளின் உருவம் வெகுவாகப் பாதிக்கப்படும். இந்த வாதம் ஏறக்குறைய நிச்சயமாகச் சரியானதால் அடிப்பாறைகள் எப்பொழுதாகிலும் நதிகளினால் வெட்டப்பட்டவை என்று எப்படி ஏற்றுக்கொள்ள முடியும்? இவை நதிகளினால் வெட்டப்பட்டவையாயின் இவைகளின் அடிப்பாறை இப்பொழுது காணப்படுவதுபோல் அவ்வளவு செங்குத்தாக இராது அல்லவா?

அடிப் பாறைகள் வெட்டப்பட்ட காலம் முழுதும் [illegible] பெருத்த மாறுதலையும் கண்டங்கள் அடைந்திரா என்ற கொள்கையில்தான் இந்த வாதத்தின் வலிமை இருக்கின்றது. ஆனால், கண்டங்கள் இலேசான பாறைகளின் சேர்க்கையினால் கருத்துக்குத் தக்க அளவு விரிவுபடுத்தப்பட்டால், புவியின் உட்புறத்திலிருந்து இவைகளின் அடிப்பகுதிகளுக்கு வந்து சேரும் இலேசான பாறைகளினால், அப்பொழுது கடற் கண்டங்களுக்கும் அளவுகளில்

கடல்களின் அடிப் பகுதிகளுக்கும் உள்ள மட்ட வித்தியாசங்கள் போகப் போக அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்க வேண்டும். அதாவது கண்டங்களின் ஓரங்களுக்கும் கடல்களின் அடிப் பகுதிகளுக்கும் மத்தியிலுள்ள வீழ்ச்சி போகப் போகச் செங்குத்தாக இருக்க வேண்டும். ஆகையினால் இந்தச் சரிவில் பழைய நதிகளினால் வெட்டப்பட்ட அடிப் பாறைகள் இதற்கு ஏற்றபடி செங்குத்தாக இருக்கவேண்டும். இந்த வகையில் நதிகளினால் வெட்டப்பட்ட செங்குத்துப் பாறைகளையும், அவைகளின் அடிப் பகுதிகளின் செங்குத்தான நிலையையும் ஒன்றுபடுத்தலாம், இந்த இரண்டக நிலையை **(dilemma)**க் கண்டங்களின் ஓரங்களைச் சரிவானதாக வைத்து விளக்கலாம் என்பதைச் சில ஆண்டுகளுக்கு முன்பு F.P. ஷெப்பர்ட் **(F. P. Shepard)** என்பவர் குறிப்பிட்டார். மென்சரி வோடை மண் இந்தப் பிரச்சினையோடு ஒரு வேலை சம்பந்தப்பட்டிருக்கலாம், இவை இந்த அடிப் பாறைகளை அடி வண்டலாக மாறிவிடாமல் தடுக்கலாம்.

நுண் துளைக்கோட்பாட்டைப்பற்றி மேலும் சில உண்மைகள் (More about the pore theory).

மேற்பாறைகளின் ஆக்கத்திற்குக் காரணமான இலேசான திரவப் பாறைகள் கடல்களின் தண்ணீரை எடுத்துச் சென்றிருக்கும் என்ற கருத்தை இன்னும் விரிவுபடுத்தக்கூடும். எளிதாகத் திரவமாக்கக்கூடிய மற்றப் பொருள்களும் உருகிய பாறையோடு கலந்திருக்க வேண்டும். இதனால் இவை பிழிதலினால் மேற்புறத்திற்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டிருக்க வேண்டும். உருகிய பாறை மேற்புறக் கோடியை அடைந்த தருவாய்களில் இந்தப் பொருள்களும் மேற்புறத்தை அடையும். இந்த வகையில்தான் புவியில் மிகவும் ஆவியாகும் தன்மையை உடைய பொருள்கள் மேற்புறத்தை அடைந்திருக்கும்— ஆர்ஸினிக் கூட்டுத் தனிமங்கள், பாதரஸத்தின் கூட்டுத் தனிமங்கள், கிட்டத்தட்ட சுத்தமான கந்தகத்தின் சேமிப்பு, இன்னும் பல இவ்வாறு ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும்.

சில சமயங்களில் இலேசான திரவப் பாறையினால் நிரம்பிய ஒரு நுண்துளை கன திரவத்தினால் நிரம்பிய ஒரு நுண்துளையோடு சேர்க்கப்பட்டிருக்கலாம்; கன திரவம் பெரும்பாலும் இரும்பாகவும், சிறிது நிக்கலாகவும், இன்னும் குறைந்த அளவில் டிடானியம், க்ரோமியம், மாங்கனீஸ், கோபால்ட், செம்பு, துத்தநாகம், ஈயம் முதலியனவாகவும் இருக்கலாம் பாறையை உடைய நுண்துளை புவியின் மையத்திற்கு அருகாமையில் இருந்தால், இலேசான திரவம் மேல் நுண்துளையினுள் ஏறிவிடும், கன திரவம் கீழே இறங்கிவிடும். ஆகையினால் இந்த இரண்டு திரவங்களும் ஒன்றை

ஒன்று ஊடுருந்து செல்லும். இவ்வாறு நடக்கும்பொழுது சில திரவத்தின் சிறிது இலேசான திரவத்தில் கரைந்துவிடும்; ஏனென்றால், உருகிய பாறை சிறிது உலோகப் பொருள்களை எளிதாகக் கரைத்து விடுகின்றது என்பது தெரிந்த ஓர் உண்மையாகும். இவ்வாறு கரைக்கப்பட்ட உலோகங்கள் திரவப் பாறையின் அடர்த்தியைக் கருதத்தக்க அளவில் அதிகரிக்காது. ஆகையினால், இது சற்றுகூடவே விளக்கப்படாத பிழியப்பட்டு வெளியே தள்ளப்படுவது தடைபடாது. இதன் விளைவு உள்ளக ஆக்கத்திலான சிறிதளவு உலோகங்கள் மேற்புறத்திற்கு எடுத்துச் செல்லப்படுவதேயாகும்.

இந்த உலோகங்களை எடுத்துச்செல்லும் பாறை மேற்புறத்தை அடைந்துவிட்டால் உலோகங்கள் மேற்புறத்தை அடைந்துவிடும். ஆனால் வெளியே வரும் எரிமலைக் குழம்பில் இவை குறைந்த அளவிலேதான் இருக்கும். அதிக உலோகப் பாறைகளில் உள்ள அதிக உலோக அளவை விளக்குவதற்கு வேறு முறையைத்தான் கொள்ள வேண்டும்.

திரவப் பாறை மேற்புறத்திற்கு அருகாமையில் வந்துவிட்டது என்றும், ஆனால் இது இந்த மேற்புறத்தை விட்டு வெடித்துக் கிளம்பவில்லை என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். அப்பொழுது இந்தப் பாறை, சில மைல்கள் ஆழத்தில் உள்ள மெல்லிய குழாய்களின் வழியே சுற்றிவரும். புவியின் மேற்புறமான பகுதிகளின் வெப்பநிலை குறைவாக இருப்பதனால் இந்தத் திரவப் பாறைகள் கெட்டிப்பட முடியும்; போதிய காலம் கிடைத்தால் இவை திண்மமாகக் கெட்டிப்படும். சுற்றித் தொடர்பின் மிகவும் அதிக ஆழத்தில் அதிகமான வெப்பநிலையுடைய பொருளோடு சம்பந்தப்பட்டிருந்தால் இவ்வாறு நடக்காது. ஆனால், இந்தத் தொடர்பு ஏற்பட மேற்புறப் பாறைகளின் அடியேவரை இக் குழாய்கள் செல்லவேண்டும்.

சுற்றிவரும் சில பாறைகள் கிட்டத்தட்டக் கெட்டிப்பட்டு விடலாம். இந்தச் சமயங்களில்தான் உலோகப் பாறைகள் உலோகங்களைப் பெறுகின்றன. பாறையின் மூலப் பகுதி கெட்டிப்படாமல் தப்பித்துவிட்டால் அதிலுள்ள அதிக உருகு நிலையை உடைய கரைக்கப்பட்ட பொருள் எதுவாயினும் சுற்றும் தொகுதியில் எங்காவது கெட்டிப்பட்டு விடும். இது எங்கு ஏற்படுகின்றது என்பது சுற்றிவரும் பாறையின் வெப்பநிலைப் பரவலைப் பொறுத்திருக்கும். இது குறிப்பிட்ட பொருளின் உருகு நிலையையும் பொறுத்திருக்கும். இது முக்கியமாகப் பொருத்தி வைக்கப்படுவதாகும். ஆகையினால் பாறை சுற்றிவரும்பொழுது கரைக்கப்பட்ட

பொருள் கிட்டத்தட்ட ஒரே இடத்தில் எப்பொழுதும் கெட்டிப் படும். ஆகையினால், அப் பொருள் அந்த இடத்தில் அதிகத் திட்பத் தோடு அமைவுறும். இந்த முறையில் இரும்பு இன்னும் இதர உலோகப் பாறைகள் செறிவாக உற்பத்தியாகப் படுகின்றன. ஆனால் இந்த உலோகப் பாறைகள் மேற்புறத்திற்கு அடிப்பகுதி களில்தான் எப்பொழுதும் உற்பத்தியாகின்றன என்பது நிலை, ஆனால் பிறகு ஏற்படும் மடிப்பு, ஒடிப்பு, வெடிப்பு இவைகளின் விளைவாகக் குழாய்கள் மேற்புறத்திற்குக் கொண்டுவரப்படு கின்றன.

மோல்டு என்பவர் உலோகப் பாறைகளின் ஆக்கத்தைப் பற்றிய இந்த விளக்கத்தை நுண்துளைக் கோட்பாட்டிற்கு ஒரு வலுவான ஆதாரமெனக் கருதுகிறார். நுண்துளைக் கோட்பாட்டின் அடிப்படையில் இன்னொரு முக்கிய உற்பத்தி முறையையும் விளக்க லாம் என்றும் இவர் கருதுகிறார்; அதாவது, எண்ணெய்ப் படிவுகள் **(deposits of oil)** இந்த நுண்துளைக் கோட்பாட்டின் விளைவுதான் என விளக்கலாம்.

நம்முடைய நவீன நாகரிகத்திற்கு முக்கியமாகத் தேவைப் படும் எண்ணெய் புவியின் உட்புறத்திலிருந்து 'பிழிந்து' எடுக்கப் பட்டது என்ற கொள்கை யூரே **(Urey)** என்பவர் எரிமீன்கள் சிறிய அளவுகளில் ஹைட்ரோ கார்பன்களை உடையதாகும் என்ற கண்டுபிடிப்பிலிருந்து உடனடியாகச் செயல் நிலையை அடை கின்றது. புவியின் அமைப்புக்குரிய மூலப் பொருள்களில் இரு ஹைட்ரோ கார்பன் உண்டு என்பது நிச்சயமாக, இறந்து அழிந்து போன மீன்களிலிருந்து உற்பத்தியாகக் கூடிய அளவைவிட அதிக அளவில் எண்ணெயை உற்பத்தி செய்ய உதவியிருக்கும் இந்த மீனைப்பற்றிய கொள்கை பல ஆண்டுகளாக ஏற்றுக்கொள்ளப் பட்ட ஒரு விந்தையான கொள்கையாகும்.

நுண்துளைக் கோட்பாட்டின் பல தன்மைகளில் இன்னும் ஒன் றைப்பற்றி மட்டும் இங்கே சுருக்கமாகக் கூறலாம். முற்பகுதியிற் முன் மிகவும் எளிதாகவும், மிகவும் கவனத்திற்குரியதாகவும் உள்ள ஒன்றை மட்டும் கூறியும் வைத்துள்ளோம். அதாவது இந்தக் கொள்கை நிலநடுக்கத்தை (புவி அதிர்ச்சியை) விளக்க உதவுகின்றது என்பதாகும். திரவம் ஒரு நுண்துளையிலிருந்து மற்றொரு நுண் துளைக்குப் பாய்கின்றது என்பதைப் பார்த்தோம். அப்பொழுது திரவத்தை இழந்த நுண் துளையில் காலியான இடம் ஒன்று உற் பத்தியாகிறது. சுற்றியுள்ள கெட்டிப் பொருளின் அழுத்தத்தினால் காலியான இடம் பாறைகளினுள் நிரப்பப்படுகின்றது. நுண் துளை

துரிதமாகக் காலியாக்கப்பட்டால் நிரப்புதல் மிகவும் தீவிரமான அளவில் ஏற்பட்டுப் பாறையின் மேற்புறச் சுவர் இடிந்து விடும் நிலை ஏற்படும்—இதுதான் பூகம்பமாக நாம் காண்பது. எரிமலைகளுக்கும் பூகம்பங்களுக்கும் உள்ள நெருங்கிய தொடர்பை உண்மையில் காண்பது தெளிவாக நாம் எதிர்பார்க்கக் கூடிய ஒன்றே யாகும்.

பூகம்பங்கள் ஏன் 700 கிலோ மீட்டர்களுக்குக்கீழ் ஏற்படுவதில்லை? முதலில் மேற்போர்வையின் ஆழப் பகுதிகளில் உள்ள திரவம் அனைத்தும் ஒருவேளை இப்பொழுது கீழ்ப்புறமாக உள்ளதைத் திற்குள்ளேயோ அல்லது மேற்போர்வையின் வெளிப் பகுதிகளுக்குள்ளேயோ பிழியப்பட்டு விட்டதினால் இருக்கலாம். ஒருவேளை 700 கிலோ மீட்டர்களுக்குக் கீழே உள்ள பகுதிகளில் திரவத்தைக் கொண்ட நுண் துளைகள் எதுவும் இல்லை என்று கொள்ளலாம். இந்த விளக்கத்தின் எளிமை மற்றவகையில் நமக்கு ஏற்படும் இடர்ப்பாடுகளுக்கு ஒரு மாற்று நிலையாக உள்ளது. முன் னுளைக் கோட்பாடில்லையேல் நெட்டிப் பாறையின் கூட்டுப் பொருளின் மாறுதல் 700 கிலோ மீட்டர்கள் ஆழத்தில் ஏற்பட்டிருக்கலாம் என்று வாதிடலாம். 700 கிலோ மீட்டர்களுக்கு மேல் பாறை முறிந்து விடலாம். ஆனால், 700 கிலோ மீட்டர்களுக்கு மேல் பாயும் முறியும் நிலையில் இருக்காது. இந்த மாறுதல் ஏற்படுமேயானால், பாறையின் அடர்த்தியில் ஒரு பெரிய மாறுதல் இருக்க வேண்டும். ஆனால், இதுவரை இவ்வாறான பெரிய மாறுதல் எதுவுமில்லை.

புவியின் உட்புறத்தின் எதிர்கால மாறுதல்கள்: (The future changes of the Earth's interior)

பல நூறு கிலோ மீட்டர்கள் ஆழம் வரை புவி ஒரு வேளை நுண் துளைகளைக் கொண்ட ஒரு தேன் கூடு மாதிரி அமையலாம் என்றும் இதில் இயக்கும் காலங்களில் மேற்புறத்தை நோக்கி வெளியே முயல்கின்ற 'இலேசான' திரவங்கள் நிரம்பியிருக்கலாம் என்றும் நாம் முடிவு செய்துள்ள கொள்கை அறிவிக்கின்றது. இந்தத் திரவத்தின் அளவு சுற்றியுள்ள நெட்டிப் பாறையின் ஒரு சில சதவீதமானவையாகும் இந்த அளவு திரவம் மேற்பாறையை உடைத்து வெளியேறப் போதியதானால் புவியின் மேற்புற அமைப்பில் பெருவாரியான மாறுதல்களை ஏற்படுத்த முடியும் என்பது தெளிவாகும்.

கண்டங்கள் வளரலாம். வளர்ந்து கடல் அடிப்பகுதிகளிலிருந்து மேலே எழும்பலாம். இதேபோல் கடல்களும் இன்றும்

அதின் நிறை அடையலாம். கண்டங்களின் அடிப்பகுதிகளில் இலேசான பாறைகள் சேர்க்கப்படுவது இங்குமங்குமாக நேரிடும் ஒரு நிகழ்ச்சியாக இருக்கலாம்; ஒரு கண்டத்தின் ஒரு பகுதியில் மற்றொரு பகுதியைவிட அதிக அளவில் பாறை சேர்க்கப்பட்டிருக்குமாயின், அப்படியானால் இக்கண்டத்தின் ஒரு பகுதி மற்றொரு பகுதியைவிட உயரமாக இருக்கும். இம்மாதிரியான ஏற்றத் தாழ்வுகள் உள் நிலப்பகுதிகளையும் ஏற்படுத்தும். இது மலைத் தொடர்களின் ஆக்கத்திற்கு முக்கியமானதாக இருக்கலாம்.

எண்ணெயும் புவியின் உட்புறத்திலிருந்து பிழிந்து எடுக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும் என்று நாம் முன்னறிவிப்பாகக் கூறியது சரியானால், அதிக ஆழத்தில் தேங்கிக் கிடக்கும் எண்ணெயின் அளவு, மனிதன் இதுவரையில் தோண்டி எடுத்த எண்ணெயின் சிறிய அளவுகளினின்றும் மிகவும் அதிகமாக இருக்கவேண்டும் என்ற கருத்தை நாம் ஏற்றுக்கொள்ள வேண்டும் என்று நினைக்கின்றேன். ஏராளமான அளவில் உள்ள இந்த எண்ணெயை எதிர்காலத்தில் எப்பொழுதாவது எடுக்க முடியுமா என்பது சுவையூட்டக்கூடிய வினாவாகும்.

நம்முடைய நாகரிகம் இவ்வுலகத்தின் உலோகத் தாதுக்களை (mineral resources) விரைவாக விழுங்கிவிடுகின்றது என்று பல சமயங்களில் கூறப்படுகின்றது. இவை கிட்டாதிருக்கும் நாள் இப்பொழுது அனுபவிக்கும் நிலைகள் மறுபடியும் அனுபவிக்கக் கிடைக்கமாட்டா என்றும் கூறப்படுகிறது. இது ஒரு வேளை தவறாக இருக்கலாம். புதிய உலோகத் தாதுக்கள் நான் குறிப்பிட்ட முறையில் தோன்றலாம். புவியின் உட்புறத்திலிருந்து புதிய எண்ணெய்ச் சேமிப்புகள் பிழிந்தெடுக்கப்படலாம். ஆகையினால் ஒரு பொறியியல் நாகரிகத்திற் கேற்ற சூழ்நிலை உருவாகும், உண்மை, ஆனால், எப்பொழுது? – பல நூறு மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு.

3. தாய் வேர்

(The Tap Root)

பௌதிகத்தின் நான்கு புரட்சிகள் (The four revolutions of physics)

பேரண்டத்தில் மிகச் சிறிய நிகழ்ச்சிகள் மட்டும் தான் பௌதிக விதிகளால் கட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளன என்பதில்லை. வான நூலில் உள்ள மிகப் பெரிய பொருள்களின் நடத்தை கூடப் பௌதிக விதிகளால் தான் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. வானப் பொருள்கள், மெல்லிய நூல்களில் கட்டப்பட்ட பொம்மைகள் போலாடுகின்றன. இவை ஏன் இவ்வாறு ஆடுகின்றன என்பதை அறிய வேண்டுமானால், இந்த நூல்கள் எவ்வாறு வேலை செய்கின்றன என்பதை அறிவது அவசியமாகும்.

பௌதிகம் மூன்று முக்கிய நிலைகளில் முன்னேறியது. இப்பொழுது, கருத்தளவில் ஏற்பட்டிருக்கும் புரட்சிகரமான ஆராய்ச்சிகளையும் சேர்த்தால், நான்கு முக்கிய நிலைகள் என்றும் கூறலாம். இதில் முதல் நிலையாவது சக்தி, ஆற்றல், மற்றும் பெரிய இயக்கப் பொருள்களின் இயக்க விதிகளைப் பொறுத்தது. இது நியூட்டனின் (Newton) ஆராய்ச்சியைச் சேரும். இதன் முக்கிய வெற்றி யாதெனில், புவியின் மேல் பொருள்களுக்கான தன்மைகளை, முன்பு இருந்த வரையில் இப்பொழுது முன் கூட்டியே தெரிவிப்பதாகும். விஞ்ஞானம், அதன் முதல் ஆதரவாளர்கள் (protagonists) எதிர்பார்த்ததைவிட அதிக அளவு முன்னேறியது. நியூட்டனின் காலம் இன்னும் முன்னேறியதற்குக் காரணமாக இருந்தவர்கள் பர்னௌலி (Bernoullis), ஆய்லர் (Euler), மற்றும் லக்ராஞ்ச (Lagrange), லாப்லாஸ் (Laplace) ஆகியவர்கள். மிகவும் திறமை வாய்ந்த இவர்களின் ஆராய்ச்சி

விறுவல் முன்னேற்ற மிருந்தாலும், முதலில் ஏற்பட்ட விஞ்ஞானப் புரட்சி பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் மத்தியில் வெளிப்பட்டது. இதனால் பௌதிகப் புத்துயிர் பெறுவதற்கு இரண்டாவது நிலையில் புகுந்தது.

இரண்டாவது நிலை, பொருளின் மொத்த அளவில் ஏற்படும் மின், மற்றும் காந்தத்தன்மைகளைப் பொறுத்ததாகும். இது, கதிர்வீச்சின் தன்மையையும் பொறுத்ததாகும். இந்த இரண்டாவது நிலைக்குத் தேவையான செயல்முறை அடிப்படை ஃபாரடேயையும் (Faraday), இதற்கான கொள்கை விளக்கம் மாக்ஸ்வெல்லையும் (Maxwell) சேரும். இந்தப் புரட்சி காலம் மின்சார காலத்தை உருவாக்கியது. நற்காலத் தொழில் துறைகளெல்லாம் இந்தக் காலத்தில் ஏற்பட்ட ஆராய்ச்சிகளைப் பெரும் பாலும் சார்ந்தவையாகும். தற்கால எலக்ட்ரானிக் (electronics) துறை இதிலிருந்து நேரிடையாக ஏற்பட்டதாகும்.

இந்த நிலையில் கதிர்வீச்சின் தன்மைகளைப் பற்றிச் சிறிது கூறுவோம். கதிர்வீச்சு என்பது தனிப்பட்ட பொருளான குவாண்டா (quanta) என்பவைகளைக் கொண்டு ஏற்படுகின்றது. பொதுவாக அலையில் இந்தக் குவாண்டா இருந்தால் இவை அலை வடிவங்களில் அமைகின்றன. ஒவ்வொரு அலை வடிவமும் (wave patterns) ஓர் அலை நீளத்தை (wave length) உடையதாகும். இந்த அலை நீளங்களைக் கொண்டுதான் கதிர்வீச்சுகளை விளக்குகின்றோம். உதாரணமாக அதிக 'நீளமுடைய' அலை நீளங்கள், பல ஆயிரம் மீட்டர்களிலிருந்து, ஒரு சென்டி மீட்டரின் பத்தில் ஒரு பங்கு அளவு வரை உள்ளவை. ரேடியோ அலைப்பட்டை (radio waveband) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. ஒரு சென்டி மீட்டரின் பத்தில் ஒரு பங்கு முதல் 8 நூறு ஆயிரங்களில் ஒரு பங்கு வரை இன்ஃப்ரா-ரெட் (Infra-red) எல்லையைச் சேர்ந்ததாகும். 8 நூறு ஆயிரங்களில் ஒரு பங்கு முதல், 4 நூறு ஆயிரங்களில் ஒரு பங்கு வரை சாதாரணமாக நாம் பார்க்கக் கூடிய ஒளியாகும். அல்ட்ரா வயலெட் ஒளி 4 நூறு ஆயிரங்களில் ஒரு பங்கு முதல் ஒரு சென்டி மீட்டரில் ஒரு மில்லியனில் ஒரு பங்கு வரை உள்ள எல்லையைச் சேரும்; ஒரு மில்லியனில் ஒரு பங்கிலிருந்து, ஆயிரம் மில்லியனில் ஒரு பங்கு வரை உள்ளது எக்ஸ் கதிர்களின் எல்லையாகும்; இதை விடச் சிறிய அலை நீளங்களை உடைய கதிர்வீச்சு γ- கதிர்களைச் சேரும். இது அணு வெடிப்புகளில் காணப்படுவது. துரதிர்ஷ்டமாக, நமக்கு நன்றாகத் தெரியும். இவை கீழே சுருக்கமாகக் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன.

கதிர்வீச்சு வகை	அலை நீள எல்லை
ரேடியோ—அலைகள்	பல ஆயிர மீட்டர்களிலிருந்து ஒரு சென்டிமீட்டரில் ஒரு பகுதி வரையாகும்.
இன்ஃப்ரா-ரெட்	ஒரு சென்டிமீட்டரில் பத்தில் ஒரு பங்கு முதல் 8 நூறு ஆயிரங்களில் ஒரு பங்கு வரை
காணக்கூடிய ஒளி	ஒரு சென்டிமீட்டரில் 8 நூறு ஆயிரங்களில் ஒரு பங்கு முதல் 4 நூறு ஆயிரங்களில் ஒரு பங்கு வரை
அல்ட்ரா-வயலட் ஒளி	ஒரு சென்டிமீட்டரில் 4 நூறு ஆயிரங்களில் ஒரு பங்கு முதல் ஒரு மில்லியனில் ஒரு பங்கு வரை.
எக்ஸ்-கதிர்கள்	ஒரு சென்டிமீட்டரில் ஒரு மில்லியனில் ஒரு பங்கு முதல் ஒரு ஆயிரம் மில்லியனில் ஒரு பங்கு வரை
γ கதிர்கள்	ஒரு ஆயிரம் மில்லியனில் ஒரு பங்கை விட இன்னும் சிறிய அலை நீளங்களை உடையன.

அலை நீளம் எவ்வளவுக் கெவ்வளவு சிறிதாக உள்ளதோ அவ்வளவு தனிப்பட்ட ஃபோட்டான்கள் சக்தியுடையதாக இருக்கும். இதனால் தான் எக்ஸ்-கதிர்களும், γ கதிர்களும் விலங்குகளின் மூல உறுப்புக்களை (animal tissue) அழிக்கக் கூடியன வாயும், ரேடியோ அலைகள் கேடற்றனவாயும் இருக்கின்றன.

ரேடியோ அலைகளிலிருந்து γ-கதிர்கள் வரை அலை நீள எல்லை பரவலாக இருக்கின்றது. இதில், ஒரு சென்டிமீட்டரில் 8 நூறாயிரத்தில் ஒரு பங்கிலிருந்து 4 நூறாயிரத்தில் ஒரு பங்கு வரை உள்ள குறுகிய எல்லை வரைதான் மனித உணர்ச்சி நரம்பு கூடிய வரை சரியானபடி கண்டு பிடிக்க முடியும் (இது அலை நீளங்களை நிறத்தின் கூடாக்கத்தன்மை மூலம் சிறந்த வகையில் கண்டு பிடிக்கப்படுகிறது

இந்த வகையில், நம்மால் காணக் கூடிய வகையில், ஒரு தற்செயலான அமைப்பு ஆகாது. ஒளியன்றால், ஞாயிற்றில் கதிர்வீச்சு எல்லா பெரும்பாலும் இந்த அளவில்தான் இருக்கின்றது. ஞாயிறு, சிறிது அல்ட்ரா-வயலட் மற்றும் எக்ஸ் கதிர்களையும் வெளிப் படுத்து கின்றது. ஆனால், புவியின் வளி இந்த அழிவுக்குரிய தன்மை வாய்ந்த கதிர்வீச்சை வலுவாக உட்கொண்டு விடுகின்றது. இதனால், இவை புவியை அடைய முடிவதில்லை. ஆனாலினும், புவி யில் வாழும் உயிரினங்கள், இந்த அல் நீளங்களைச் சமாளிக்கும் வகையில் இல்லை. இதே மாதிரி இன்ஃப்ராரெட் கதிர்களில் பெரும் பான்மையானவை, புவியின் வளியிலுள்ள நீராவியால் உட்கொள் ளப் படுகின்றது. முதல் அத்தியாயத்தில் விவரிக்கப்பட்ட பச்சை வீடு விளைவு (green house effect) நினைவிருக்கலாம். இருந்தாலும், இன்ஃப்ராரெட் அலைகளில் குறுகிய பட்டைகள் வளியை ஊடுருவிச் செல்லுகின்றன. (இந்தப் பட்டைகள் பச்சை வீடு விளைவைப் பாதிப்பதில்லை). ஆனாலினும், இந்தப் பட்டைகளை நம்மால் சாதாரண முடியாது, மேல் சொன்ன உயிரின வளர்ச்சி முறைப்படி விளக்க முடியாது. கீழே காட்டியவை இரண்டு வகையில் ஒன்று காணக் கூடிய ஒளியின் மூலமாகவும் ஒளிப்பட மாக்கப் பட்டிருப்பதை படம் III ல் காணலாம். (அதே நேரத்தில், ஒரு சென்டிமீட்டரில் 12 ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு முதல், 8 ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு வரை உள்ள இன்ஃப்ராரெட் கதிர்களை உணரக் கூடிய ஒளித் தகடுகளைத் தயாரிக்க முடியும். இதே மாதிரி, அல்ட்ரா வயலட் கதிர்கள், எக்ஸ்-கதிர்கள், γ-கதிர்கள் இவைகளையும் தயாரிக்க முடியும்) தொலைவில் இன்ஃப்ராரெட் கதிர்கள் மிகவும் அதிக ஊடுருவும் தன்மை (penetration in distance) வாய்ந்தவை என்பது தெளிவு. வளியின் கீழ்ப் பகுதிகளில் சிறிய நீர்த்துளிகள் இருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். நீராவிக்கு மாறாக, இந்தத் துளிகள் இன்ஃப்ராரெட் கதிர்களிடம் காணக் கூடிய ஒளியை எளிதாக உட்கொள்கின்றன. ஆனாலினும், மேகங்களில், நீர்த்துளிகள் ஏராளமாக இருக்கும் பகுதியானதால், காணும் ஒளியில் ஊடுருவல் எப்பொழுதும் குறைவாகவே இருக்கின்றது. இன்ஃப்ராரெட் கதிர்களை உணரக் கூடிய கண்கள் இருப்பது மிகவும் நல்லதாக இருக்கும் என்பது தெளிவு. பறவைகளுக்கு இந்தத் தன்மை ஏற் கெனவே இருக்கலாம் என்று நான் எண்ணுகின்றேன். இது உண்மை யானால், பறவைகள் மிகவும் சிறந்த பார்வையை உடையன என்பது விளக்கப் படலாம்.

இடைப் பிற வரலாக வந்த இந்த விளக்கம், ஒரு வகையில், நீண்டதாக இருந்தாலும், அதே ஒலிக்கும் பொருத்தமானது இதே மாதிரியான ஒரு நிலை ஏற்படுகின்றது என்பதைக் காண்போம்.

அதிர்வெண்ணைப் போலவே ஒலியையும் அலை நீளத்தைக் கொண்டு விளக்கலாம். ஆனால், சாதாரண ஒலி காற்றின் கம்பனத்தால் ஏற்படுகின்றது. கதிரியக்கம், வெளியில் உண்டாகும் மின்காந்த அலை களாட்டத்தினால் ஏற்படுகின்றது. கதிரியக்கம் வெற்றிடத்தில் பாயும்; ஆனால், ஒலி அவ்வாறு செய்ய முடியாது. ஒலியின் சுருதி (pitch) அதன் அலைநீளத்தைக் குறிக்கின்றது. இதேபோல் நிறம் காணக்கூடிய ஒளியின் அலைநீளத்தைக் குறிக்கின்றது—ஊதா (violet), அவுரி (indigo), நீலம் ((blue), பச்சை (green), மஞ்சள் (yellow), ஆரஞ்சு (orange) மற்றும் சிவப்பு (red) இந்த நிறங்கள் அனைத்தும், ஒரு சென்டிமீட்டரில் 8 நூறாயிரத்தில் ஒரு பகுதியிலிருந்து, 4 நூறாயிரத்தில் ஒரு பகுதியையும், ஊதா 4 நூறாயிரத்தில் ஒரு பகுதியையும் உடையனவாகும்.

பௌதிகத்தின் இரண்டாவது நிலையில் ஒளியின் தன்மையைப் பற்றிய கண்டுபிடிப்பு ஒரு முக்கிய சாதனையாகும். இரண்டாவது நிலை முற்றுப் பெறுவதற்கு முன்பே மூன்றாவது புரட்சிக்காலம் ஆரம்பித்து விட்டது. இது பிளாங்க் (Planck) என்பவரின் ஒளியின் தன்மையைப் பற்றிய குவாண்டம் கொள்கையோடு இந்நூற்றாண்டு ஆரம்பத்தில் மிகவும் அமைதியான ஒரு வகையில் ஆரம்பித்தது. இதற்குப் பிறகு ஐன்ஸ்டைனின் சார்புக்கொள்கையும், ருதர்போர்டின் (Rutherford) அணுவைப்பற்றிய ஆராய்ச்சியும், போர் (Bohr) என்பவரின் குவாண்டம் கொள்கையும், இதற்குப் பிறகு ஒரு புதிய குவாண்டம் கொள்கையும் ஏற்பட்டு விஞ்ஞானிகள் ஒரு அறிவுச் சுழியில் (Intellectual maelstrom) மூழ்கி ஆயிரத்துத் தொளாயிரத்து முப்பதாம் ஆண்டுகளில் ஒரு நடுக்கத்துடன் இன்றிச் சமாளித்து விட்டனர்.

இந்த அத்தியாயத்தின் பெரும்பாலான பகுதி இந்த மூன்றுவது நிலையில் கிடைத்த தகவல்களைப் பற்றியதாக இருக்கும். இந்தக் காலத்தில்தான் வானநூலில் ஒரு சிறந்த முன்னேற்றம் ஏற்பட்டது. பௌதிகம், அதன் வளர்ச்சியின் முதல் கட்டத்தில் பெரும்பாலும் வானநூலைப் பொறுத்ததாகவே இருந்தது. இரண்டாவது நிலையில், இது புவியிலுள்ள சோதனைக் கூடத்தைப் பற்றியதாயிற்று. இந்தப் போக்கில் ஒரு மாற்றம் ஏற்பட்டிருக்கிறது. ஆனால், இது சோதனைக் கூடத்தில் கிடைத்த அறிவினால்தான் ஏற்பட்டது. வானநூல் நியூட்டனின் காலத்திய முன்னேற்றத்தோடு இருந்திருக்குமாயின் தற்போது ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றத்தை அடைந்திருக்க முடியாது.

ஆயிரத்துத் தொளாயிரத்து முப்பதாம் ஆண்டின் மத்தியில் ஒரு காலம் பௌதிகம், ஒரு நீண்டகாலமாக அமைதியாகவே

முன்னேற்ற வழித்தடத்தைத் தோன்றியது. அதாவது புயல் காற்றில் ஏற்படும் ஒரு அமைதி நிலையை இது அடைந்தது. ஆனால் இத்தோற்றம் ஏமாற்றத்தையே அளித்தது. இந்த அமைதி மற்றொரு புயலின் முன்னோடி காலமாகவே இருந்தது. அதாவது முன்னேவிட வலுவான புயலின் முற்காலமாகவும், இந்தப் புயல் இன்னும் அதன் உச்சநிலையை அடையாத ஒரு நிலையில் இருப்பதாகவும் கொள்ளலாம்.

பௌதிகத்தின் நான்காவது புரட்சிக் காலம் 1938 ஆம் ஆண்டு C. ஆண்டர்சன் என்பவரால் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட ஒரு புதிய வகையைச் சேர்ந்த பொருளோடு ஆரம்பிக்கப்பட்டது. இதுவரை 14 வகைத் துகள்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இவை வெவ்வேறு நிலையற்றவை யாகும் (evanescent) இவைகளெல்லாம், நேரிடையாகவோ அல்லது பல நடுத்தர முறைகளின் மூலமாகவோ நமக்குத் தெரிந்த (அதாவது, ஏற்கெனவே நமக்குத் தெரிந்த) துகள்களாக மாறி விடுகின்றன. (இவைகளின் தன்மைகளை இந்த அத்தியாயத்தின் பின்பகுதியில் காண்போம்). இவ்வாறு ஏராளமாகக் காணப்படும் நிலையற்ற பொருள்களின் பொருள் யாது என்பது இதுவரை கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை. பௌதிகக் கோட்பாடு எவ்வாறு வருங்காலத்தில் வளர்ச்சி பெறும் என்பதும் இன்னும் தெளிவாக இல்லை. கோட்பாட்டு வகையில் ஒரு புரட்சிகரமான புதிய வளர்ச்சி ஏற்படுவதற்கு முன் பொறுமையாகச் சேகரிக்கப்பட்ட புதிய தகவல் தேவைப்படும். பௌதிகத்தில் முதல் மூன்று கட்டங்களில் ஏராளமான மாற்றங்கள் ஏற்பட்டிருக்கின்றன.

மற்றும் சில ஆண்டுகளாக ஏற்பட்ட கண்டுபிடிப்புகள் (discoveries) முழுவதும் அதிர்ச்சியை உண்டாக்குவதாக இருக்கின்றன. முப்பதாம் ஆண்டுகளின் மத்திய காலத்தில் பௌதிக அறிஞர்கள் (physicists) அடிப்படையைக் கடைந்து எடுத்து விட்டதாக நினைத்தார்கள். இவ்வாறு இன்பமான கனவு ஒரு சில ஆண்டு காலங்களுக்குள்ளாகவே அழுவாகத் தகர்த்தெறியப்பட்டது ஒரு குழப்பத்தைத் தாக்கக்கூடிய அனுபவமாகும். இப்பொழுது இந்த வலுவான அதிர்ச்சி முறையடைத்து விட்டதினால் பௌதிக அறிஞர்கள் இந்த நிலையை உண்மையின் ஒரு மகிழ்ச்சி தருகின்ற தாமலிய நிலையென்றனர், திரும்பிப் பார்க்கும்பொழுது இந்தப் புதிய முன்னேற்றங்கள் இல்லையானால் பௌதிகம் ஒரு தொடர்ச்சி அற்ற (dead-end) நிலையை அடைந்திருக்கும்,

பௌதிகத்தில் இனி ஏற்படப்போகும் புரட்சிகரமான முன்னேற்றம் வானநூலைப் பொறுத்தவரை எவ்வாறு பாதிக்கும் என்று

இப்பொழுது அறிய முடியாது. ஆனாலும் அறிஞர்கள் அவர்களின் பிரச்சினைகளின் ஆராய்ச்சிகள் அக்கறைக்கும் பௌதிகத்தின் வளர்ச்சியில் தோன்றும் சட்டத்திற்குமேல் தேவைப்படாது என்று நம்புகின்றனர். ஆனால், ஒரு முக்கியப் பிரச்சினைக்கு மட்டும் இது போதாது. இது அண்டப்படைப்புக் கோட்பாடு என்ற பிரச்சினை யாகும். முன்சென்ற அத்தியாயங்களில் பொருள் ஆக்கத்தைப் பற்றி ஆராய்ந்தோம் (இந்தப் பிரச்சினை தவிர்க்க முடியாதது). இருந்தும், இவைப் புதிதாகக் கிடைக்கும் பௌதிக ஆராய்ச்சித் தகவல்களினால் இந்த நிலையில் ஒரு முக்கியத் திருப்பம் ஏற்படலாம் என்ற கருத்தைத் தவிர்க்க முடியவில்லை. மிகவும் சிறிய பொருள் களை ஆராயும்பொழுது தம்முடைய தற்போதைய அறிவு பயனற்ற தாக ஆகிவிடுகின்றது. மிகவும் பெரிய பொருள்களை ஆராயும் பொழுதும் இதே நிலை ஏற்படுகின்றது. ஆகையினாலும் ஒரு தலைமுறையில் அறியாமை ஏற்பட்டால் மற்றொரு தலைமுறையிலும் அறியாமை ஏற்பட்டு விடுகிறது என்று தோன்றுகிறது. ஆனால், புரட்சிகர மான (அடிப்படையாக) பொருள்களின் தன்மைகளைப் பற்றிய பௌதிக அறிவு பேரண்டத்தின் ஆராய்ச்சியைப் பற்றிய வகையில் யாதொரு பாதிப்புமில்லாமல் இருந்தால் இது கிடைக்கக்கூடிய தாகும்.

அணுக்களிலிருந்து உருவாக்கம் (Building out of atoms)

ஒரு குழந்தை விளையாடுவதற்குப் பலவகை உறுப்புகளைக் கொண்ட அமைப்பு விளையாட்டுச் சாமான்களைப்பற்றி எல்லோருக்கும் தெரியும். இந்த உறுப்புகளைப் பலவகையில் அமைத்து முடிவில் பலவகை அமைப்புகளைப் பெறலாம். இதன் அடிப்படைத் தோ விளையாட்டுச் சாமான்களை உருவாக்குவது மட்டுமல்ல. இதை விளக்க இவ்விரண்டு உதாரணங்களை எடுத்துக் கொள்வோம். எலக்ட்ரானிக் கம்ப்யூட்டர் என்று சொல்லப்படும் கணக்கிடும் மின்னணுக் கருவி மனித சரித்திரத்தில் முக்கியமான தொன்றாக இருந்தாலும் இது மிக எளிய பகுதிகளைக்கொண்டு தான் உருவாக்கப்பட்டிருக்கிறது. எல்லா விலங்குகளும் தாவரங்களும் அடிப் படைப் பொருள்களைக்கொண்டு உருவாக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த இரண்டு அமைப்புகளைப் பற்றிப் நமக்கு உள்ள அக்கறையை இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். இவைகளில் ஒன்று அடிப்படைப் பொருள்கள்; மற்றொன்று இப்பொருள்களைக் கொண்டு உருவாக்கக்கூடிய அமைப்பு கள். அமைப்புப் பொருள்களை நாம் விட்டுவிட முடியாது. தனிப் பட்ட வகையில் எடுத்துக் கொண்டால், மனிதன் உருவாக்கத் தேவைப்படும் பொருளுக்கு ஒரு கோடிக் கிலோவாட் உருவாக்கத்

தேவைப்படும் பொருளைவிட ஒருவிதக் கவர்ச்சியும் கிடையாது. மனித அமைப்பு எவ்வாறு பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றது என்ற கருத்தைப் பொறுத்துத்தான் அதிகப்படியான கவர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. ஒரு அழகிய கட்டடம் அதைக் கட்டத் தேவைப்படும் செங்கற்களின் அடுக்குகளைவிட அதிகப் பட்டதாகும்.

இன்னும் பெரிய அளவில் அணுக்கள் என்ற செங்கற்களும் மூலப் பொருள்களைக் கொண்டு இம்மாதிரியான அமைப்புகளை உருவாக்கலாம். புவியில் இயல்பாகக் காணப்படுகின்ற அணுக்கள் 90 வகைகளாகும். இவைகளைத் தவிரச் சோதனைக் கூடத்தில் செயற்கை முறையில் தயாரிக்கக்கூடிய அணுக்கள் அரை டஜனாகும். பௌதிகம் இரண்டு வகை வாய்ந்த பகுதிகளாகப் பிரிக்கப் பட்டிருக்கின்றது—இவை அணுக்களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியும் இந்த அணுக்களைக் கொண்டு உருவாக்கக்கூடிய அமைப்புகளும் ஆகும். இதில் இரண்டாவதைப்பற்றி முதலில் எடுத்துக்கொள் வோம். முதலில் கூறப்பட்டது இந்த அத்தியாயத்தில் பின் வரும் பகுதியில் பெரும்பான்மையானதாகும்.

மொத்தமாக எடுத்துக்கொண்டால் பொருள் அணுக்களைக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்டதாகும். ஒரு திசையிலோ அல்லது இரண்டு திசைகளிலோ உருவாக்கப்பட்டதாகும். ஒரு திசை அமைப் பில் ஒரு குறிப்பிட்ட வகை அணு உருவாக்கத்திற்குப் பயன்படு கிறது—உதாரணமாகப் பெரும்பான்மையான உலோகங்கள் இந்த வகையைச் சேர்ந்தவையாகும். இரு திசை அமைப்பில் பல அணுக்கள், சில சமயம் பலவகைப்பட்ட அணுக்கள் ஒரு கூட்டணு வாகச் சேர்ந்து பிறகு இது ஓர் அமைப்புச் சாதனமாகப் பயன்படு கின்றது. ஒரு நீர்த் துளி, இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களை யும் ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவையும் கொண்டு அமைக்கப்பட்ட ஒரு வகைக் கூட்டணு அமைப்பாகும். (ஹைட்ரஜனும் ஆக்ஸிஜனும் வெவ்வேறு அணுக்களாகும். இவைகளின் உள் அமைப்பைப்பற்றி பிறகு ஆராய்வோம்). மற்றொரு புறம் நீராவி என்பது ஒன்று சேர்க்கப்படாத தனிப்பட்ட கூட்டணுக்களாகும். சர்க்கரையை அமைக்கப் பயன்படும் கூட்டணுக்கள் தண்ணீர்க் கூட்டணுக்களை விட மிகவும் சிக்கல் வாய்ந்தவையாகும். ஆனால், சர்க்கரையின் அமைப்பு திரவமாய் உள்ள தண்ணீரின் அமைப்பைவிட எளிதாகும். ஆகையினால், ஓர் எளிய கூட்டணு ஓர் எளிய அமைப்பாக அமைக் கப்பட வேண்டியதில்லை. இதேபோல் ஒரு சிக்கல் நிறைந்த கூட்டணு ஒரு சிக்கலான அமைப்பை ஏற்படுத்த வேண்டியதில்லை.

விஞ்ஞானிகளின் பணிகளில் எளிய கூட்டணுக்கள் இருக்கின் றன என்பதை ஒரு தனிப்பட்ட உண்மையாகக் கூறலாம்—இன்

னும் சொல்லப்போனால், ஞாயிறையொட்டி ஒரு குறிப்பிட்ட குளிர்ந்த வெப்பநிலையை உடைய விண் மீன்கள் என்று சொல்லலாம்; ஆனால் மிகவும் சூடாக உள்ள விண் மீன்களின் உட்பகுதிகளில் கூட்டணுக்கள் நிலைக்க முடியாது. விண் மீன்களின் இடை வெளிகளில் உள்ள பொருள்களில் கூட்டணுக்கள் கருதத்தக்க அளவில் இருக்கின்றன. இதனால் வான ஆராய்ச்சியில் சிக்கல்கள் விளைகின்றன.

சாதாரண முறையில் அளவிடும்பொழுது அணுக்களும், கூட்டணுக்களும் எவ்வளவு சிறியனவாக இருக்கின்றன என்று பார்ப்போம். ஓர் ஊசியின் தலை மில்லியன், பில்லியன், பில்லியனுக்கும் மேல் மிக அதிக அளவில் இரும்பு அணுக்களுடையதாகும். இந்த சமயத்தில் ஒரு பனித்துளியின் ஆவி மில்லியன், பில்லியன், பில்லியன், பில்லியனுக்கும் மேலான தண்ணீரின் கூட்டணுக்களுடையதாகும் எனலாம்.

திடப் பொருள்கள், நீர்மங்கள் மற்றும் வாயுக்கள் (Solids, liquids and gases)

அதிக எண்ணிக்கையுடைய ஒரு கூட்டத்தில் அணுக்களும், கூட்டணுக்களும் ஒவ்வொன்றாக அருகில் ஒன்றோடு ஒன்று இயங்கி வரும்பொழுது அந்தக் கூட்டுப் பொருளை வாயுபோல் கருதலாம். ஆனால், ஒரு நிலையின் நடத்தை அதன் அருகிலுள்ள துகளொன்றால் பெருமளவு பாதிக்கப்பட்டால் அப்பொழுது அந்தப் பொருள் ஒரு நீர்மமாகவோ திடப் பொருளின் தன்மையை உடையதாகும். ஒரு திடப் பொருளில் இந்த இடைச் செயல் (interaction) போதிய அளவு வலுவாக இருப்பதால் தனிப்பட்ட உறுப்புகள் ஒரு காலமும் பெரிதும் திரிய முடியாது; அவை குறிப்பிட்ட இடங்களில் நிலையாக இருக்கும். ஒரு நல்ல தொழில் சமூகத்தில் ஒரு சாதாரணத் தொழிலாளி இருப்பது போல் நீர்மங்கள் வாயுக்களுக்கும், திடப் பொருள்களுக்கும் நடுநிலையில் இருப்பவை. ஒரு நீர்மத்தில் அருகிலுள்ள உறுப்பினர்களுக்கிடையே உள்ள இடைச் செயல் (interaction) வாயுக்களைப்போல் அவ்வளவு சிறிதல்ல; திடப் பொருளில் கூட்டணுக்களைத் திரிய விடாதபடி இருப்பதைப்போல் அதிக அளவிலும் இது இருக்காது.

கூட்டணுக்கள், அவைகளின் அருகிலுள்ள கூட்டணுக்களோடு வினைபுரியும் இடைச் செயல்களினால்தான் நாம் அன்றாட நிலையில் காணும் தன்மைகளை உடையதாகப் பொருள்கள் உள்ளன. தண்ணீரின் திரவத் தன்மையும், கெட்டிப் பாகுகளின் (molasses) ஒட்டும் தன்மையும் மாறுபட்ட தன்மைகளாகும். இதேபோல் திண்மப் பொருள்களின் இழுத்தல் வலுவாகும் (tensile

strength) ஒரு திண்மைப் பொருளின் கெட்டித்தன்மை அதன் அணுக்களோ அல்லது கூட்டணுக்களோ அவைகளின் அருகாமையிலுள்ள பொருள்களோடு அடையும் இடை வினைகளிலும் (inter-action) ஏற்படுகின்றது. அதாவது மனித சமுதாயத்தின் வலிமை அதன் தனி மனிதர்கள் எவ்வளவு ஒத்துழைக்கின்றனர் என்பதைப் பொறுத்திருப்பது போல்.

அணுக்கள் (Atoms)

அணுக்களின் உள்ளமைப்பைப்பற்றி ஆராய்வது இப்பொழுது பொருத்தமாகும். இந்த உள்ளமைப்பைப் பற்றிய தகவல் முதலில் ருதர்ஃபோர்டு என்பவரால் கொடுக்கப்பட்டது. இவருடைய கருத்தின்படி அணுவின் மையப் பொருள் நடுவிலுள்ள ஒரு சிறு அணுக் கருவிலுள் இருக்கின்றதென்றும் இதைச் சுற்றிக் காலியான இடத்தில் ஒரு பரவலான மெல்லிய மேகம் உள்ளது. இதற்கு எலக்ட்ரான்கள் (electrons) என்று பெயர்—இந்தப் பெயர் இவைகளின் மின்சாரத் தன்மையினால் ஏற்பட்டதாகும். இந்த எலக்ட்ரான் மேகங்கள் தாம் தனி அணுக்களிலிருந்து ஒரு கூட்டணு உண்டாகச் சம்பந்தப்பட்டவைகளாக இருக்கும். இந்த எலக்ட்ரான் மேகங்கள்தாம் திண்மைப் பொருள்களிலும், நீர்களிலும் ஏற்படும் இடை வினைகளுக்குக் காரணமாகும்.

சில சமயங்களில் எலக்ட்ரான்கள் அணுக்களிலிருந்து வெளியேற்றப்படுகின்றன. இவ்வாறு நடந்தால் அணுக்கள் அயனிப்படுத்தப்பட்டுள்ளன என்று கூறப்படும். அயனியாக்கத்தின் (ionisation) அளவு எத்தனை எலக்ட்ரான்கள் இவ்வாறு வெளியேற்றப்பட்டுள்ளன என்பதைப் பொறுத்திருக்கும். இவ்வாறு வெளியேறத் தப்பிய எலக்ட்ரான்கள் J.J. தாம்சன் (J. J. Thomson) என்பவரால் ருதர்ஃபோர்டு அவர்களின் ஆராய்ச்சிக்குப் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்னமேயே கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

எலக்ட்ரான்களை அணுக்களை விட்டு வெளியேற்றப் பல வழிகள் உண்டு. இவற்றுள் மிகவும் எளிதான முறை இரண்டு மேற்புறங்களை ஒன்றோடொன்று உராய்வது. ஒரு பெட்டி வண்டியின் ஜோலாப்புத் தடத்தின்மேல் சற்று நழுவிடும் அப்பொழுது ஏற்படும் மின் விளைவுகள் (electric effects) எலக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்படுவதினால் ஆகும். இதனால்தான் ஒரு குறைந்த ஈரப்பதமான தினத்தன்று ஒரு தலையை அல்லது பட்டாடையை எடுக்கும்பொழுது ஏற்படும் ஒலியைப் போன்று இதேபோல் ஒரு இடியின் பொழுது ஏற்படும் மின்னலுமாகும்—பெரிய நீர்த்துளிகள்

மிகுதியான நிறத்துகள்களைக் கிளைவுறும் பொழுது வெளியேற்றம் ஏற்படுகிறது.

அணுக்களை அயனிப்படுத்துவதற்கு மேற்புறங்களை உராய்வது மட்டும் ஒரே முறையாகாது. ஒளி ஓர் அணுவின் மேல் விழும் பொழுது எலக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன. இது ஒளி மின் விளைவு என்று அழைக்கப்படுகிறது. இது அநேக பொறி நுண் துறைகளுக்கு அடிப்படையாகும். ஒரு கதவு அதனருகே நாம் செல்லும் பொழுது தானாகவே திறந்தால் அப்பொழுது நிச்சயமாக ஒளி மின் விளைவு பயன்படுத்தப்படுகின்றது எனலாம். இதைவிட இன்றும் முக்கியமானது மனிதர் பார்வையின் மின் விளைவுகளைச் சார்ந்த அடிப்படையாகும்.

சந்தேகமில்லாமல், மின் – ஒளி முறைகள் (photo - electric processes) அன்றாட வாழ்க்கையில் மிகவும் முக்கியமாயிருப்பினும் இவை, விண்மீன்களின் உட்புறங்களில் ஏற்படும் நிலைமைகளோடு ஒப்பிடும்பொழுது மிகவும் வலிமையற்றவையாக இருக்கின்றன. ஏனென்றால், இங்குக் கதிரியக்க முறை மிகவும் வலுவாக இருப்பதால் வெளியேற்றம் மிகவும் திறன் வாய்ந்ததாக இருக்கும். பொதுவாக, விண்மீன்களின் உட்புறங்களில் இருப்பது போல அவ்வளவு வலுவான மின் - ஒளி விளைவு வேறெங்கும் இல்லை.

ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் அணுவை விட்டு வெளியேற்றப்பட்டவுடன் அவ்வணு எலக்ட்ரான்களைத் தன்னிடம் கவரும் சக்தியை அடைகிறது. வெளியிலிருந்து வரும் ஓர் எலக்ட்ரான் மேற்சொன்ன ஓர் அணுவின் அருகில் வரும்பொழுது அவ்வணுவின் எலக்ட்ரான் மேகத்தினுள் இழுக்கப்படுகிறது. இப்படி இருக்கும் நிலையில் அந்த எலக்ட்ரான் இந்த மேகத்தினுள் நிரந்தரமாகத் தங்கி விடுவதற்கு நல்ல வாய்ப்பு ஏற்படுகிறது. இதை விட்டு மறுபடியும் வெளியேற வேண்டியதில்லை. இவ்வாறு நடக்கும்பொழுது கதிர்வீச்சு வெளிப்படுகிறது. இது மின் - ஒளி விளைவிற்கு நேர்மாறான ஒரு முறையாகும். நாம் இப்பொழுது ஞாயிறு, விண்மீன்களின்றும் வரும் ஒளி, வெப்பம் இவற்றின் பெரும்பாலும் நிகழும் எலக்ட்ரான்களை மேற் சொன்னவாறு அணுக்கள் இழுத்துப் பிடித்துக் கொண்டிருப்பதாலேயே ஆகும்.

ஆகையினால், இயற்கையில் நேர்மாறான இரண்டு செயல்பாடுகள் தெரிகின்றன. ஒன்று, வெளியேற்றுவது. இது அணுக்களிலிருந்து எலக்ட்ரான்களை நீக்கிவிடுகின்றது. மற்றொன்று, மறுபடி

வும் கூடுமாறு. இந்த முறையில் அணுக்கள் எலக்ட்ரான்களைப் பிடித்துவிடுகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட பொருளின் அமைப்பில் என்ன ஏற்படுகின்றது என்பது இந்த இரண்டு முறைகளுக்கும் இடையே ஏற்படும் சமநிலையைப் பொறுத்திருக்கிறது. புவியில் வெளிப்படும் முறை பெரும்பாலும் வலுவற்றதாகவே இருக்கின்றது. ஆகையினால் புவியின் அணுக்கள் அயனிப்படுத்தப்படவில்லை. ஆனால், விண்மீன்களின் மேற்புறத்தில் மின்—ஒளி நிலைவு மிகவும் வலுவாக இருப்பதினால் அநேகமான பல்வேறு அணுக்களுமே எலக்ட்ரான்களை இழந்தவைகளாக உள்ளன.

புரோட்டான்கள் (Protons)

மேல் வாதத்திலிருந்து ஒரு முக்கியப் பிரச்சினை ஆராய்ச்சிக்குரியதாக இருக்கிறது. அதாவது, அணுவின் அணுக்கரு எதனால் ஆக்கப்பட்டது என்பது. நாம், மிகவும் எளிதான தனிமமாகிய ஹைட்ரோஜனை எடுத்துக் கொள்வோம். தனிமங்களில் ஹைட்ரஜன் எளிதானதும், ஏனென்றால் இதன் வெளி மேகத்தில் ஒரு எலக்ட்ரான் மட்டும் இருக்கின்றது. மற்றெல்லாத் தனிமங்களிலும் இன்னும் அதிகமான எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன. மேக அணுக்கள் (cloud electrons) பல்வேறு தனிமங்களில் உள்ள விகிதம் வருமாறு: லித்தியம் அணுவில் 2 ல் 3, பெரிலியம் அணுவில் 4, போரானில் 5, கார்பனில் 6, நைட்ரோஜனில் 7, ஆக்ஸிஜனில் 8, இரும்பில் 26, ஈயத்தில் 82, யூரேனியத்தில் 92; மற்றும் சோதனைக் கூடத்தில் செயற்கையாகத் தயாரிக்கப்பட்ட அணுக்களில் நெப்டூனியத்தில் 93, புளுட்டோனியத்தில் 94 அமெரிசியத்தில் 95, கலிஃபோர்னியத்தில் 96 ஆக உள்ளன.

ஒரு ஹைட்ரஜன் அணுக்கருவில் ஒரு மின் கட்டம் இருக்கின்றது. ஆனால், இது எலக்ட்ரானில் இருப்பதைப்போல் அல்ல. இந்த இரண்டு மின் கட்டத்தையும் வேறுபடுத்திக் காண வேண்டுமானால் ஒரே மாதிரி மின் கட்டத்தை உடைய இரண்டு துகள்கள் விலகிச் செல்லும் ஒரு நிலைமையைக் கண்டு அறியலாம். எதிரான மின் கட்டங்களை உடைய இரண்டு துகள்கள் ஒன்றை ஒன்று இழுக்கும் நிலையைக் காணலாம். ஆகவே, இரண்டு எலக்ட்ரான்கள் விலகிச் செல்லும் பொழுது, ஹைட்ரஜன் அணுவின் அணுக்கருவும் அதனைச் சுற்றியுள்ள எலக்ட்ரானும் ஒன்றாக இருக்கும். இந்த ஒட்டுதல் எப்படி ஹைட்ரஜன் அணுவை கட்டிக் காக்கப்படுகிறது என்பதை விளக்குகிறது. ஹைட்ரஜன் அணுவின் அணுக்கருவிற்கு ஒரு தனிப்பெயர் உண்டு. இதுதான் புரோட்டான் என்பதாகும்.

மின் ஊட்டம் என்ற கருத்துப்படிவம் ஓர் எளிய எண்ணிக்கைத் தன்மையை உடையதாகும். புரோட்டானின் மின் ஊட்டத்திற்கு + 1 என்றும் எலக்ட்ரானின் மின் ஊட்டத்திற்கு − 1 என்றும் எழுதுவோம். அப்பொழுது 7 புரோட்டான்களின் மொத்த மின் ஊட்டம் + 7 ஆகும். 5 எலக்ட்ரான்களின் மொத்த மின் ஊட்டம் − 5 ஆகும். ஆகவே, 7 புரோட்டான்களும் 5 எலக்ட்ரான்களும் சேர்ந்தால் மொத்த மின் ஊட்டம் எவ்வளவு? இதற்கு விடை

$$+7 - 5 = +2$$

என்பதாகும்.

இதன் பொருள் 7 புரோட்டான்களையும், 5 எலக்ட்ரான்களையும் கொண்ட ஒரு கூட்டத்தின் மொத்த மின் ஊட்டம் 2 புரோட்டான்களுக்கு இணையாகும் என்பதே. 1 புரோட்டானையும், 1 எலக்ட்ரானையும் கொண்ட ஹைட்ரஜன் அணுவின் மொத்த மின் ஊட்டம் எவ்வளவு? இதற்கு விடை.

$$+1 - 1 = 0$$

என்பதாகும். அதாவது ஹைட்ரஜன் அணுவின் மொத்த மின் ஊட்டம் பூஜ்ஜியமாகும். அதாவது எலக்ட்ரானும் புரோட்டானும் ஒன்றைக் கொன்று சரியீடு செய்கின்றன எனலாம். இந்நிலையில் உள்ள அணு நடுநிலையுடையது என்று அழைக்கப்படும்.

மின் சரியீடு (Electric compensation) எல்லா அயனிப்படாத அணுக்களிலும் ஏற்படுகின்றது. உதாரணமாக அயனிப்படாத (un-ionised) ஆக்ஸிஜன் அணுவில், அணுக்கரு 8 புரோட்டான்களின் மின் ஊட்டத்தை உடையதாகும். சுற்றியுள்ள மேகத்தில் 8 எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன. எப்படி ஆக்ஸிஜன் அணுவின் அணுக்கரு 8 புரோட்டான்களைப் போன்று அதே மின் ஊட்டத்தை உடையதாக இருக்கின்றது? பௌதிகத்திலிருந்து கிடைக்கும் விடை எளிதாகவும் தெளிவாகவும் உள்ளது. அதாவது ஆக்ஸிஜன் அணுவின் அணுக்கரு 8 புரோட்டான்களை உடையதாகும் என்பதே. இதேபோல் இதர அணுக்களின் அணுக்கருக்களும் அநேக புரோட்டான்களை உடையனவாகும். இந்தப் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை, நடுநிலையுடைய அணுக்களில், சுற்றியுள்ள மேகத்தில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாகும். இவ்வாறு ஹீலியத்தின் அணுக்கருவில் 2 புரோட்டான்கள் உள்ளன, லித்தியத்தில் 3, பெரிலியத்தில் 4, போரானில் 5, கார்பனில் 6, நைட்ரோஜனில் 7, இரும்பில் 26, யுரேனியத்தில் 92 ஆக உள்ளன.

விஞ்ஞானத்தின் பழைய பிரச்சினைகளுள் மிக முக்கியமான ஒன்றைப்பற்றித் தற்கால பௌதிக நூல் கொடுக்கும் விடையை இப்போது விளக்குவோம். அதாவது, ஓர் அணுவின் இரசாயனத் தன்மைகளை நிர்ணயிப்பது எது? அணுக்கருவில் உள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை சூழ்ந்துள்ள மேகத்தில் எத்தனை எலக்ட்ரான்கள் இருக்க வேண்டும் என்பதை நிர்ணயிக்கின்றது. இது அணுவின் ஆக்கத்தன்மைகளை நிர்ணயித்து விடுகின்றது. இதிலிருந்து ஓர் அணுவின் இரசாயனத் தன்மை அதிலுள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்திருக்கின்றது என்ற எளிய, நேர்த்தியான முடிவை அடைகின்றோம்.

ஹைட்ரஜனைத் தவிர, எல்லா அணுக்கருக்களிலும் புரோட்டான் ஒன்றுக்குமேல் இருப்பது ஒரு புதிய ஒட்டுப் பொருள் அணுக்கருவில் இருக்கவேண்டும் என்பதையும், இது மின்காந்தத்தை மூலமாகக் கொண்டதல்ல என்பதையும் காட்டுகிறது. ஒரே வகை மின் ஊட்டத்தைக் கொண்ட துகள்கள் ஒன்றை விட்டு ஒன்று அகலுகின்றன என்பதைப் பார்த்தோம். ஒரு அணுக் கருவில் உள்ள புரோட்டான்கள், உதாரணமாக ஹீலியம் அணுக் கருவில் உள்ள 2 புரோட்டான்கள், இவைகளைச் சேர்த்துப் பிடிக்கும் ஒரு சக்தி, மின் விசைகளைவிட வலுவான ஒரு சக்தி, இருந்தாலன்றி, ஒன்றை விட்டு ஒன்று பிரிந்து செல்லும். இந்தப் புதிய விசையைத்தான் அணுச்சக்தி என்று அழைக்கின்றோம். இது, புரோட்டான்கள் மிகவும் அருகில் உள்ளபோது மிகவும் வலுவாக இருக்கும் என்று நம்பப்படுகின்றது. இதனால் தான் அணுக் கருக்கள், பரிமாணத்தில் மிகவும் சிறியவைகளாக இருக்கின்றன. ஏனென்றால் அணுக்கரு நெருக்கமாகக் கட்டப்பட்டிருந்தால் தான் அணுசக்தி, மின் விசைகள் பிரித்துவிட முடியாமல் தடுக்க முடியும்.

அணுக்கருவில் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை அதிகரித்தால் பிரிக்கும் மின் விசைகள் வேகமாக வளர்ந்து, சேர்த்துப் பிடிக்கும் அணு சக்திகளை மிஞ்சிவிடும். ஆகையினால் நாம் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கையை அதிகரித்துக் கொண்டே போனால் வெகுசீக்கிரமாகவே மின் விசைகள் ஓங்கிவிடும். இந்த மின் விசைகளின் தாக்கும் சக்தியினால் அணுக்கருவின் பகுதிகள் முக்கியப் பகுதியிலிருந்து பிரிந்துவிடும். இதனால் அணுக்கரு உறுதியற்றதாக ஆகிவிடும்; சாதாரண சொல் வழக்கின்படி இது கதிரியக்கத் திறனுடையதாகும். (இந்தச் சொல் கற்பனை செய்யப்பட்டதல்ல!) இதிலிருந்து தனிமங்கள் ஏன் அவ்வாறு அமைந்திருப்பதில்லை என்பது விளங்குகிறது. ஏன் மிகவும் பெரிய

அணுக்கரு காணப்படுகிறது என்பது விளங்குகிறது—யூரேனியம் என்ற தனிமத்தின் அணுக்கரு மிகவும் பெரியது. புவி அது பிறக்கும் காலத்தில் மிகவும் பெரிய அணுக்கருவை உடையதாக இருப்பினும் இப்பொழுது அது மறைந்து விட்டது. இன்னும் சொல்லப் போனால், யூரேனியம் கூட உறுதியற்றது. ஆனால், அது மறைந்து போகும் அளவு உறுதியற்றதல்ல. ஆனால் யூரேனியத்தைப் பொறுத்தவரை இந்த எல்லை அவ்வளவு அதிகமெனச் சொல்ல முடியாது. மின் விசைகள் அணுக்கருவைத் தனியாகப் பிரித்துவிடுகின்றன. அணுக்கரு தகுந்தபடி உலுக்கப்பட்டால் இவ்வாறு நடக்கும். யூரேனியத்தின் வெடிநிலை இவ்வாறுதான் ஏற்படுகின்றது. இந்த முறையில்தான் அணுச்சக்தியின் அடிப்படை உள்ளது.

நியூட்ரான் (The neutron)

அணுக்கருக்களினுள் புரோட்டான்களைத்தவிர வேறு ஏதோ இருக்கின்றது என்ற கருத்தை இப்பொழுது தெரிவிப்பது அவசியமாகும். (சாதாரண ஹைட்ரஜன் அணுவில் ஒரு புரோட்டானைத் தவிர வேறு எதுவும் இல்லை.) உதாரணமாக, ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணு 8 புரோட்டான்களையும், இதைச் சுற்றி 8 எலக்ட்ரான்களைக் கொண்ட மேகத்தையும் உடைய அணுக்கருவைக் கொண்டதானால், இந்த ஆக்ஸிஜன் அணுவின் எடை, ஹைட்ரஜன் அணுவின் எடையைப் போல் 8 மடங்குகளாகும். ஆனால் உண்மையில் ஆக்ஸிஜன் அணுவின் எடை ஹைட்ரஜன் அணுவைப் போல் 16 மடங்குகளாகும். எலக்ட்ரான் மேகங்களின், எடை கருதத்தக்க அளவில் இல்லை என்பதை நினைவில் வைத்தால் எடையின் அதிகரிப்பு, அணுக்கருவில் உள்ள வேறு ஏதோ அதிகப்படியான உறுப்பிலிருந்து கிடைக்கின்றது என்பது தெளிவாகிறது, சாட்விக் (Shadwick) என்பவரால் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட நியூட்ரான் என்ற புதிய கண்டு பிடிப்பினால் இந்தப் புதிர் தீர்க்கப்பட்டது. நியூட்ரான் என்பது மின் ஊட்டம் பெற்ற பொருளல்ல என்றும், இது புரோட்டானின் எடைக்குக் கிட்டதட்டச் சம எடையை உடையதென்றும், புரோட்டானைவிடச் சற்றுப் பெரியதாக உள்ளது என்றும் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. சாதாரண ஆக்ஸிஜனின் அணுக்கரு 8 புரோட்டான்களையும், 8 நியூட்ரான்களையும் கொண்டதாகும். நியூட்ரான்கள் எடையை அதிகரித்தாலும், மின் ஊட்டத்தைப் பாதிப்பதில்லை. மொத்த நியூட்ரான்களும், புரோட்டான்களும் மேற்சொன்ன அணு விசைகளினால் சேர்த்துப் பிடித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன.

இப்பொழுது, 8 புரோட்டான்களும், 9 நியூட்ரான்களும் ஒரு அணுக்கருவில் சேர்த்து வைக்கப்பட்டுள்ளன என்று வைத்துக்கொள்வோம். இவ்வாறுள்ள அணுவின் தன்மைகள் யாவை? நியூட்ரான்கள் மின் ஊட்டத்தை உடையனவல்ல. ஆதலின் அதிகப்படியாக ஒரு நியூட்ரான் இருந்தபோதிலும் சுற்றுப்பாதை மேலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையை, அணுக்கருவின் ஊட்டத்தினால் அதிகரிக்க வேண்டியதில்லை. அணுவின் அமைப்புத் தன்மைகள் எலக்ட்ரான் மேகத்தினால் நிர்ணயிக்கப்படுவதால், புதிய அணுவின் இரசாயனத்தன்மை, 8 புரோட்டான்களையும், 8 நியூட்ரான்களையும் கொண்ட சாதாரண ஆக்ஸிஜன் அணுவைக் காட்டிலும் மாறுபட்டதாக இருக்காது. ஆகையினால், புதிய அணுவை, இன்னும் ஆக்ஸிஜன் அணுவாகவே கருத வேண்டும். இந்த இரண்டு வகை அணுக்களை வேறுபடுத்தும் பொருட்டுச் சாதாரண ஆக்ஸிஜன் அணுவை O^{16} என்றும், மற்றொன்றை O^{17} என்றும் குறிப்பிடுவோம். 16 என்ற குறியீடு 16 துகள்கள் இருப்பதையும், 17 என்பது அணுக்கருவில் 17 துகள்களை இருப்பதையும் குறிக்கின்றன.

இதே பாங்கில் ஓர் அணுக்கருவில் 8 புரோட்டான்களும், 10 நியூட்ரான்களும் இருப்பதாக வைக்கலாம். மேற்சொன்னதிலிருந்து, நாம் எதிர்பார்க்கும் அணுவின் இரசாயனத் தன்மைகள் ஆக்ஸிஜனுடையதைப் போலவே இருக்கும். இது O^{18} என்று குறிப்பிடப்படும். அணுக்கள் O^{16}, O^{17}, O^{18} என்ற வகையில் மாறுபட்டிருக்கும் பொழுது, அதாவது நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மட்டும் மாறுபட்டிருக்கும்பொழுது, இவைகளை ஒரே தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகள் (isotopes) என்று அழைக்கின்றனர். ஒரு தனிமத்தின் உருவாக்கம் இயைபு நூலிலிருந்து (chemistry) கிடைக்கின்றது. இரசாயனம் அதாவது, அணுவின் மூலக்கூறுகள் (molecule) எனப்படும் கூட்டணுக்களின் அமைப்புத் தன்மையின் (molecule-building) பொறுத்ததாகும். அணுக்கருவிலுள்ள புரோட்டான்களை மாற்றினால் வேறு தனிமம் கிடைக்கின்றது; நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையை மாற்றினால் வேறு ஐசோடோப் கிடைக்கின்றது. இயற்கையில் காணப்படும் பல தனிமங்கள் ஐசோடோப்புகளை உடையனவாகும். ஓர் இரசாயனர் (chemist) இரசாயன ரீதியாகச் சுத்தமான தனிமத்தின் மாதிரி என்று நினைக்கும் பொழுது அது பெரும்பாலும் வெவ்வேறு ஐசோடோப்புகளின் கலப்புகளையுடையதாகக் காணப்படுகின்றது. இவைகளை ஒரு பௌதிக அறிஞர் எடைகள் வித்தியாசத்தைக் கொண்டு தனிப்படுத்திவிட முடியும். இந்த முறை இரசாயன மாறுதல்களைப் பொறுத்திருக்காது. பொதுவாகச் சொன்னால் இரசாயன

முறைப் பிரிவு (chemical separation) என்னாம்- அணுக்கருவில் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கையின்படி இப்பிரிவு ஏற்படும். இது ஐஸோடோப்புகளைப் பிரிப்பதைவிட எளிதாகும்.

இது அணு ஆற்றலைப் பற்றி ஒரு விலக்கு ஆராய்ச்சியைத் (aside) தோற்றுவிக்கின்றது. ஒரே ஓர் இயற்கையான அணுக் கரு மட்டுமே குறிப்பிட்ட வெடிப்புத் தன்மைகளை அணு ஆற்றல் திட்டங்களுக்கு ஏற்றவாறு உடையதாகும். இது யுரேனியத்தின் ஐஸோடோப்புகளில் ஒன்றான U^{235} ஆகும். இது 92 புரோட்டான்களையும், 143 நியூட்ரான்களையும் உடையதாகும். U^{235} என்ற ஐஸோடோப் இயற்கையில் U^{238} (92 புரோட்டான்களையும் 146 நியூட்ரான்களையும் உடையதான) ஐஸோடோப்பைவிட ஒரு வீதம் குறைவாகவே கிடைக்கின்றது. ஆகையினால் இயற்கையில் காணப்படும் U^{235} மற்றும் U^{238} இவைகளின் கலப்புப் பொருளிலிருந்து U^{235}-ஐச் சுத்தமாகப் பிரித்தெடுப்பது ஒரு பொருந்தாத பிரச்சினையாகும். இதனால் தான் ஓக்ரிட்ஜ் (Oak Ridge) என்ற இடத்தில் முதல் அணுக்கூடத்தை ஏற்படுத்துவது கடினமாக இருந்து வெடிக்கும் பொருள்களைத் தேடி எடுப்பது கடினமாக இருந்தது. பிற்கால வளர்ச்சியிலும் நமக்குத் தேவையான வெடிப்புத் தன்மைகளை உடைய ஒரு தனிமத்தைச் செயற்கை முறையில் தயாரிப்பது சாத்தியமாகத் தோன்றியது. இது புளுட்டோனியத்தின் ஐஸோடோப்பாகும். இதன் அணுக்கரு 94 புரோட்டான்களையும், 145 நியூட்ரான்களையும் கொண்டது. புளுட்டோனியம் வேறு தனிமம். ஆதலால் இதை இரசாயன முறையில் யுரேனியத்திலிருந்து பிரிக்க முடியும். இதனால் வெடி பொருள்களை அடையும் செய்முறை எளிதாயிற்று. இதனால்தான் பத்து ஆண்டுகளுக்கு முன்னைவிடத் தற்போது இது மிகவும் எளிதாக இருக்கின்றது.

தனிமங்களும் இவைகளின் ஐஸோடோப்புகளும் வேடிக்கையாக இயற்கையில் காணப்படுகின்றன. நாம் காணும் அளவு ஐஸோடோப்புகள் இருப்பது எப்படி என்பதை அறியப் பௌதிக அறிவு மட்டும் போதாது. இதை அறிவதற்கு வான நூலையும் பயன்படுத்தவேண்டும். பின் ஒரு அத்தியாயத்தில் எப்படித் தனிமங்களில் மிக எளிதாகிய—ஹைட்ரஜன்—தனிமம் எல்லா இதர அணுக்கருக்களும் ஆக்கப்படுவதற்கு அடிப்படையாக உள்ளது என்பதைப் பார்ப்போம். எப்படி விண்மீன்களில் உள்ள இருக்கும் நிலைகள் எளிதான அணுக்கருக்களை ஆக்க உதவுகின்றது என்பதையும், இதன் கொண்டு அணுக்கருக்கள் எந்த அளவில் புவியில் காணப்படுகின்றன என்பதையும் இதிலிருந்து விளக்குவோம்.

B-சிதைவும், நியூட்டிரோனேவும்: (B-disintegration and the neutrino)

ஒரு குறிப்பிட்ட தனிமம் இத்தனை ஐசோடோப்புகளை உடையதாகும் என்பதை எது நிர்ணயிக்கின்றது? ஓர் அணுவை 8 புரோட்டான்களையும், 11 நியூட்ரான்களையும் கொண்டு உருவாக்கினால், அது அப்பொழுதும் ஆக்ஸிஜன் அணுவாகும் O^{19}—O^{19} என்பது இயற்கையில் கிடைக்கிறதா? O^{19} என்பது இயற்கையாகக் கிடைப்பதில்லை. ஆனால், செயற்கை முறையில் சோதனைக் கூடத்தில் தயாரிக்கலாம் என்பதே இதற்கு விடையாகும். O^{19} என்பது ஏன் இயற்கையாகக் கிடைப்பதில்லை என்பதை அதன் தன்மைகளைக் கொண்டு அறியலாம். இது நிலையற்றது. நியூட்ரான்களில் ஒன்று தானாகவே புரோடானாக மாறி ஓர் எலக்ட்ரானை வெளிப் படுத்துகின்றது. இந்த எலக்ட்ரான் அணுக்கருவிலிருந்து பிரிக்கப் படுகின்றது. இது தான் B-சிதைவு (B-disintegration) எனப்படும். இது யூரேனியத்தின் அணு வெடிப்பிலன்றி மின் விசைகளினால் ஏற்படுவதில்லை. இவை நியூட்ரான்களுக்கும், புரோடான்களுக்கும் உள்ள எண்ணிக்கை வித்தியாசத்தை அதிகமாக்காமல் காக்கின்றன. ஆக்ஸிஜனைப் பொருத்த வரை எண்ணிக்கையில் 2 என்ற அளவில் வித்தியாசம் இருக்கலாம் (O^{18} உறுதியானது) ஆனால் 3 என்ற அளவில் உறுதியற்ற நிலை ஏற்படும். O^{19} என்ற ஐஸோடோப்பில் ஒரு நியூட்ரான் புரோடானாக மாறினால், அப்பொழுது தனிமம் மாறிவிடும். ஏனென்றால் புரோடான்களின் எண்ணிக்கை 9 என்ற அளவில் அதிகரித்து விடுகிறது. இந்த புதிய தனிமம் ஃபுளோரின் (Flourine) எனப்படும்.

அணுசக்திகள், இதே போன்று, ஒரு புரோடானை நியூட்ரானாக மாற்றலாம். இந்நிலையில் அணுக்கரு ஒரு சாதாரண எலக்ட்ரானைப் பிரித்து விடுவதில்லை. ஆனால் ஒரு பாஸிட்ரானை வெளி விடுகின்றது. இது எலக்ட்ரானைப் போன்ற ஒரு துகளாயினும் நேரெதிரான மின் ஊட்டத்தை உடையதாகும். சோதனையின் மூலம் C. ஆண்டர்சன் என்பவரும், P. M. S. பிளாக்கெட் என்பவரும் இதைக் கண்டு பிடித்தனர். ஆனால், இது இருக்கின்றது என்பதை ஊக வகையில், முன்னரே P.A.M. டிராக் (P.A.M. Dirac) என்பவர் காரணத்தோடு கூறி விட்டார். ஒரு பாஸிட்ரானும், ஓர் எலக்ட்ரானும் ஒன்றாகச் சேரலாம். இதன் விளைவு ஒரு பொருள் ரீதியான (material) துகளாகாது. இது ஒரு கதிரியக்கக் குவாண்டமாகும். (quantum of radiation) 8 புரோட்டான்களும், 7 நியூட்ரான்களும் கொண்ட அணுக்கருவை $-O^{15}$, செயற்கையாகத் தயாரிக்கலாம். இது ஆக்ஸிஜனின் மற்றொரு

ஐசோடோப்பாகும். இதுவும் நிலையற்றது. ஒரு புரோட்டான் ஒரு நியூட்ரானாக மாறும். இதன் விளைவு N^{14} என்ற நைட்ரஜனின் ஐசோடோப்பாகும். இதில் 7 புரோட்டான்களும், 8 நியூட்ரான்களும் உள்ளன. ஒரு தனிமத்தை மற்றொரு தனிமமாக மாற்றுவது இரசவாதி (alchemists)களின் கனவாக இருந்தது; அது நவீன பௌதிகவியலில் ஒரு சாதாரண உண்மையாகி விட்டது.

ஒரு தனிமத்தின் உறுதியான ஐசோடோப்புகளின் எண்ணிக்கையைக் கட்டுப் படுத்துவது எது என்ற கேள்விக்கு விடை, அணுக்கருவின் சக்திகள் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கும், புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள வித்தியாசத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது என்பதே யாகும். இதர ஐசோடோப்புகளுக்கு யாதொரு தனிப்பட்ட நடைமுறை கிடையாது. ஆகவே, இவை உறுதியற்றவையாகும். இவை B-சிதைவினால் மற்றத் தனிமங்களாக மாறி விடுகின்றன.

B-சிதைவினால் ஓர் எலக்ட்ரான் அணுக்கருவை விட்டு வெளியேற்றப் பட்டால் (ஒரு நியூட்ரான் ஒரு புரோட்டானாக மாறி) அப்பொழுது வெளியேற்ற வேகம் குறிப்பிட்டதாக இருக்காது. உதாரணமாக, O^{15} என்பது கீழ்நிலையிலிருக்கச் சிதைவுறும் பொழுது, நேர்மின்னிகள் மாறுபடும். அணுக்கரு சிதைவுக்கு முன்பு அதன் முதல் நிலையும், சிதைவிற்குப் பிறகு அதன் பின் நிலையும் எல்லா அணுக்கருக்களுக்கும் ஒன்றாகவே இருக்கும்.

இதற்கு ஏற்ற விளக்கம், சிதைவுறும் அணுக்கரு எலக்ட்ரானை வெளி விடும்பொழுது அதே சமயத்தில் இரண்டாவது நுண் துகளை வெளியிடுகின்றது. நியூட்ரினோ என்று அழைக்கப்படும் இப்பொருள், அணுக்கருவின் சிதைவினால் ஏற்படும் ஆற்றலில் சிறிதளவு ஏற்றுக் கொள்ளுகிறது. ஆகையினால், எலக்ட்ரான் மட்டும் எப்பொழுதும் ஆற்றலைப் பெறாவிட்டாலும், எலக்ட்ரானும் நியூட்ரினோவும் சேர்ந்து அதே ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. எலக்ட்ரான் குறைவான ஆற்றலை ஏற்றுக்கொண்டால் நியூட்ரினோ அதிகமாக இதை ஏற்றுக்கொள்ளுகிறது. இதேபோல் எலக்ட்ரான் அதிகமாக ஆற்றலை ஏற்றுக்கொண்டால் நியூட்ரினோ இதைக் குறைவாக ஏற்றுக்கொள்ளும். இவ்வாறு எப்பொழுதும் ஓர் ஆற்றல் சமநிலை ஏற்படுகின்றது. நியூட்ரினோ, நியூட்ரானைப் போலவே மின்னூட்டம் உடையதல்ல. இதேபோல், தெரிந்தவரை, இது ஒளியக் குவாண்டத்தைப் போல் பொருண்மையற்றது. இத் தன்மைகளைக் கொண்டதாகையால் நியூட்ரினோவைக் கண்டறிவது மிகவும் கடினம்.

வானநூலில் நியூட்ரினோக்கள் ஆற்றலை அழுக்கும் பொருள்களாக (sink of energy) உதவுகின்றன. விண்மீன்களின் உள்ளே உற்பத்தியாகும் நியூட்ரினோக்கள் அவை வெளியே வானவெளிக்குள் தப்பிச் செல்லும்பொழுது ஆற்றலையும் எடுத்துச் செல்லுகின்றன. சூரியனில் இவ்வாறு இழக்கப்படும் ஆற்றல் குறைவாகும். அதாவது, மேற்புறத்திலிருந்து கதிர்வீச்சு வெளியேற்றத்தினால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பைக் காட்டிலும் இது குறைவாகும். ஆனால், சில விலக்கான விண்மீன்களில் நியூட்ரினோக்கள் தப்பிச் செல்வதினால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பு சூரியனிலுள்ளதைவிட மிகவும் திறன் வாய்ந்த ஒரு முறையாகும். சில சமயங்களில் மேற்புற கதிர்வீச்சு வெளிப்பாட்டினால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பைவிட நியூட்ரினோக்களினால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பு மிகவும் அதிகமாக இருக்கலாம். இதை முதன் முதலில் G. காமோவ் (G. Gamow) என்பவர் சுட்டிக் காண்பித்தார். இதன் விளைவாக விண்மீன்கள் கோரமாக முறிவடைகின்றன. இதைப்பற்றிப் பின் காண்போம்.

பௌதிகத்தின் நான்காவது வளர்ச்சி (The fourth revolution of physics)

பௌதிகத்தின் மூன்றாவது வளர்ச்சிக்கு உட்படாத வகையில் மேற் சொன்ன வாதத்திலிருந்து அநேக கேள்விகள் எழுகின்றன. நியூட்ரினோ ஈர்ப்புத் திறனோடு தொடர்புடையதா? ஈர்ப்பு விசைகள், மின் விசைகள், மற்றும் அணுக்கரு விசைகள் இவைகளிடையே உள்ள தொடர்பு யாது? ஏன் ஒரே ஒரு மின் அலகு உள்ளது (புரோட்டான் +1, எலக்ட்ரான் −1)? ஏன் புரோட்டான், நியூட்ரான் இவைகளின் எடைகள் கிட்டத்தட்டச் சமமாக இருந்தாலும், சரிசமமாக இல்லை? இக் கேள்விகளுக்கான விடைகள், பௌதிகத்தின் நான்காவது வளர்ச்சி இன்றுள்ள சமயமானது விளங்கும்பொழுது, புலப்படும் என்று எதிர்பார்க்கப்படுகிறது. இன்னும் முயற்சி செய்ய வேண்டியது ஏராளம்.

முதலிலேயே புதிய முன்னேற்றங்களில் விண்வெளி பேரண்டத்தின் மிகப் பெரிய நிலைகள் இதன் மிகச் சிறிய நிலைகளோடு தொடர்புடையனவாக இருக்கும் என்று எதிர்பார்க்கப்படுகிறது எனக் குறிப்பிடப்பட்டது. இந்த அபிப்பிராயத்தை முடிப்பதற்கு முன்பு, மிகவும் பெரிய, மிகவும் சிறிய என்பதைப்பற்றி ஒரு விளக்கம் தருவது நல்லதாகும். அணுக்கள் சிறியவை: 10,000,000,000 அணுக்களை ஒரு கோட்டின்மேல் ஒன்றின் பக்கம் ஒன்றாக வைத்தால், இதன் நீளம் ஒரு மனிதனுடைய உயரத்திற்குச் சமமாகும். ஒரு முதிர்ந்த மனிதனுடைய உடலில் ஏறக்குறைய 7,000,000,000,000,000,000,000,000,000 அணுக்களாகும். அணுக்களின் கருக்கள்

மிகவும் சிறியவையாகும். அதாவது நம் அனுபவத்தில், ஒரு மில்லியன் மில்லியனில் ஒரு பகுதியை இது எடுத்துக்கொள்கிறது. மிக வும் பெரியவையாக எடுத்துக்கொண்டால், பொருள்களின் பரவல் அறுதி மதிப்பினைவிட மிகவும் நம்ப முடியாத அள வில் பெரியதாக இருக்கும். மிகவும் பெரியவை, மிகவும் சிறியவை வற்றைக் காட்டிலும் 10,000,000,000,000,000,000,000,000,000, 000,000,000 என்ற அளவில் மிக அதிகமாக இருக்கும். விஞ்ஞா னத்தின் பிரச்சினைகள் இந்தப் பரந்த எல்லையில் இருக்கும்.

4. பௌதிகத்தின் பலவகைப் பயன்

(Some Varied Applications of Physics)

முன் அத்தியாயத்தில் கொடுக்கப்பட்ட கருத்துக்களின் சில பயன்களைப் பார்ப்போம்.

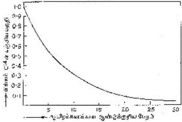
பௌதிகம் சரித்திரத்தில் நுழைகிறது (Physics invades history)

W.F. லிப்பி (W. F. Libby) என்பவரின் ஆராய்ச்சியினால் 6 புரோட்டான்களையும், 8 நியூட்ரான்களையும் கொண்ட C^{14} என்ற அணுக்கரு சம்பந்த ஆராய்ச்சி, பழம் பொருள் ஆராய்ச்சி (archaeological studies) இவைகளுக்கு மிகவும் பயன்படக் கூடியதாக உள்ளது. இந்த அணுக்கரு கிட்டத்தட்ட 5,550 ஆண்டுகள் கொண்ட 'அரை-வயது' ('half-life') உடையது. ஆதலால் முதலில் ஏராளமான C^{14} அணுக்கருக்களை எடுத்துக்கொண்டால் 5,500 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு ஒரு பாதி N^{14} என்ற நைட்ரஜனின் ஐசோடோப்பாக (7 புரோட்டான்களும், 7 நியூட்ரான்களும் கொண்டவை) மாறிவிடும். இது ஒரு நியூட்ரானை ஒரு புரோட்டானாக்கும் B-சிதைவு முறைப்படி நடக்கும். இன்னொரு 5,500 ஆண்டுகள் கழித்த பிறகு C^{14} அணுக்கருவின் மீதியாக உள்ள இன்னொரு பாதியும் சிதைந்திருக்கும். ஆகையினால் 11,100 ஆண்டுகள் கழித்து முதலில் இருந்த அணுக்கருவில் கால்பாகம் C^{14} ஆகவே இருக்கும். இன்னொரு 5,500 ஆண்டுகள் கழித்து இந்த மீதியான பகுதியில் ஒரு பாதி நைட்ரஜனாகச் சிதைகிறது—இவ்வாறே மேலும் மேலும் நடைபெறும். இதையெல்லாம் படம் 2ல் காணலாம். இது வெவ்வேறு கால அளவிற்குப் பிறகு எவ்வளவு பகுதி C^{14} இருக்கின்றது என்பதைக் காட்டுகின்றது.

படம் 2ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வளைகோட்டைப் பலவகையில் பயன்படுத்தலாம். மாதிரிக்கு கொஞ்சம் C^{14} அணுக்கருவை நமக்குக் கொடுத்தால் இதில், ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்திற்குப்

பிறகு எவ்வளவு மிஞ்சியிருக்கும் என்பதைப் படத்திலிருந்து கண்டுபிடித்துவிடலாம். இதேபோலவே, ஒரு C^{14} அணுக்கருவை மாதிரிக்காக நம்மிடம் கொடுத்துவிட்டு, இதன் வயது இவ்வளவு என்று சொன்னால், இதிலிருந்து படம் 2-ஐப் பார்த்து முதலில் எவ்வளவு C^{14} அணுக்கரு இருந்திருக்க வேண்டும் என்று கண்டுபிடித்துவிடலாம். மூன்றாவதாக, ஒரு மாதிரியான C^{14} அணுக் கருவைக் கொடுத்துவிட்டு, முதலில் எவ்வளவு C^{14} அணுக்கரு இருந்தது என்பதையும் கொடுத்துவிட்டால் இதிலிருந்து படம் 2-ஐக் கொண்டு (முன்னால் கொடுக்கப்பட்ட அளவிலிருந்து எவ்வளவு பகுதி C^{14} இருக்கின்றது என்பதைக் கண்டுபிடித்து விடலாம்; ஆகையால்) கொடுக்கப்பட்ட மாதிரியின் வயதை நிர்ணயித்துவிடலாம். படம் 2-ல் மூன்றாவது பயனே இந்த அத்தியாயத்திற்கு முக்கியமானதாகும்.

காஸ்மிக் கதிர்களின் (Cosmic rays) வினையினால் (action) C^{14} அணுக்கருக்கள் சிருஷ்டிப்பதை ஏற்படுத்துகின்றன. காஸ்மிக்



படம் 2. C^{14}-ன் சிதைவு

கதிர்கள் வெளிப்புறத் தூரத்திலிருந்து பூமியின் வெளியினுள் நுழையும், பெரும்பாலும் புரோட்டான்களான, மிகவும் ஆற்றல் வாய்ந்த துகள்களாகும். இவைகளின் இயல்பும், உற்பத்தியாகும் முறையும் பின் ஒரு அத்தியாயத்தில் விளக்கப்படும்.

உயர்ந்த சக்தி காஸ்மிக் கதிர்கள் புவியின் வெளியிலுள்ள அணுக்களின் அணுக் கருக்களோடு மோதுகின்றன. இவை, பௌதிகத்தில் இதுவரை நமக்குத் தெரிந்ததில் மிகவும் வலிமையான மோதல்களாகும். இவை வெளிப்படுத்தும் சிதைவுப் பொருள்கள் ஏராள

யாகும். இதில் திரியும் 'சுயேச்சையான' நியூட்ரான்கள் ஒரு வகைப் பொருளாகும் (சுயேச்சையான நியூட்ரான்கள் ஓர் அணுக்கருவினுள் அடைக்கப்படாத நியூட்ரான்களாகும்) சுயேச்சையான இந்த நியூட்ரான்கள் வளியில் உள்ள மற்ற அணுக்களின் அணுக்கருக்களோடு மோதுவதை ஆரம்பித்து வரும். சில சமயங்களில் இவை நைட்ரஜன் அணுக்களின், அணுக்கருக்களுள் நுழைந்து விடுகின்றன. இந்தச் சமயத்தில் நைட்ரஜன் அணுக்கரு ஒரு புரோட்டானை வெளிப்படுத்தி, C^{14} ஐத் தோற்றுவிக்கும் : அதாவது,

$$N^{14} (n, p) C^{14}$$

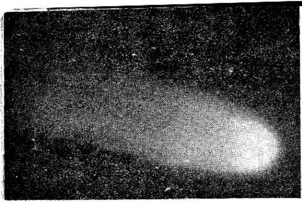
இதன்படிப் பொருள் என்ன வென்றால் நைட்ரஜனின் அணுக்கரு ஒன்று (7 புரோட்டான்களையும், 7 நியூட்ரான்களையும் கொண்டது) ஒரு நியூட்ரான் (n) ஐ உட்கொண்டு, ஒரு புரோட்டான் (p) ஐ வெளிப்படுத்தும். இதனால் இது C^{14} ன் அணுக்கருவாகும். (6 புரோட்டான்களையும், 8 நியூட்ரான்களையும் கொண்டது) இவ்வாறு தான் நம் வளியில் C^{14} நிரந்தரமாக உற்பத்தியாகிறது. வளியின் திட்டம் C^{14} இவ்வாறு உற்பத்தியாகும் அளவிற்கும், அது சிதைவுறும் அளவிற்கும் ஒரு சமநிலையை ஏற்படுத்துகின்றது.

உயிரினங்கள் வளியிலிருந்து தமக்குத் தேவையான கார்பனைப் பெறுகின்றன. இவை உட்கொள்ளும் கார்பன் பெரும்பாலும் C^{12} ஆகும்; இது 6 புரோட்டான்களையும், 6 நியூட்ரான்களையும் கொண்ட நிலையான கார்பனின் ஐசோடோப்பாகும். ஆனால், உட்கொள்ளப்படும் கார்பனில் ஒரு மிகச் சிறிய பகுதி C^{14} ஆகும். இந்த C^{14} நிலையற்ற தன்மையுடையதாகும். இது காஸ்மிக் கதிர்களின் விளைவினால் (action) ஏற்படுகின்றது. ஓர் உயிரினத்தின் உறுப்பு மூலத்தில் (tissue) C^{12} க்கும் C^{14} க்கும் உள்ள விகிதம், இந்த உயிரினம் விலங்கு வகையாயினும், அல்லது தாவர வகையாயினும், வளியில் C^{12} ம், C^{14} ம் என்ன விகிதத்திலிருக்கின்றன என்பதைப் பொறுத்திருக்கும். இது C^{14} எந்த அளவில் உற்பத்தியாகின்றது, எந்த அளவில் சிதைவுறுகின்றது என்பதைப் பொறுத்திருக்கின்றது. அதன் அரைக்கோடு (half-life) ஒரு பெரிய அளவாகும். உருவான அளவும் பல ஆயிர ஆண்டுகளுக்குள் அதிக மாறுதல் அடையாது. ஆகையினால், C^{12} க்கும் C^{14} க்கும் உள்ள விகிதம் வளியிலும், இதனால் உயிரினங்களின் மூல உறுப்பிலும், ஓர் உறுதியான அளவில் இருக்கும். காலப் போக்கில், இந்த அளவானது அதிக மாறுதலடையாது. குறிப்பாகப் பல ஆயிர ஆண்டுகள் கடந்தாலும் அதிக மாறுதல் இருக்காது எனலாம்.

Mt. Wilson and Palomar Observatories

I. குதிரைத் தலை நெபுலா

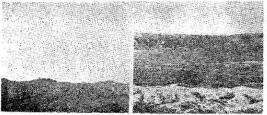
குதிரைத் தலை நெபுலா என்பது குளிர் வாயு மேகங்களாலும் ஒளி புகா தூள்களாலும் ஆக்கப்பட்டு வெப்ப வாயுவினுள் குழப்பட்டதாகும். இங்கேப்ப வாயு அருகிலுள்ள விண்மீன்களின் ஒளியால் ஒளிருகின்றன. ஒளிப் படத்தின் வலப் பக்கத்தில் ஓரியன் செவ்வும் நேர் பாதையைக் கவனிக்க. இதைப் போன்ற நெபுலாக்கள் விண்மீன்கள் அளவும் பத்து மில்லியன் மில்லியன் மைல்கள் கொண்டதாகும்.



Helwan Observatory

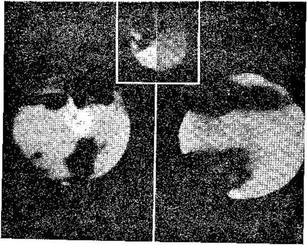
II. ஹேலியின் வால்மீன்

வால்மீன் என்பது சூரியனோடு சுற்றுகின்ற சிறு துகள்களால் முற்றிலுமாகவோ அல்லது பெரும்பான்மையாகவோ ஆக்கப்பட்ட ஒரு திரள் ஆகும். இவ் வால்மீன்கள் அடிக்கடி சிதறுவதுண்டு. இவ்வாறு சிதறும்போது அதிலுள்ள துகள்கள் சூரிய மண்டலப் பாதை எங்கும் பரவுகின்றன. எரிமீன் எனப்படும் இத்துகள்கள் சில வேளைகளில் பூமியின் வளிமண்டலத்திற்கு வருகின்றன. இவற்றில் பெரிய துகள்கள் 'வீழ் கொள்ளியாகத்' தோன்றுகின்றன. பூமியின் தட்பவெப்ப நிலையோடு முக்கியமற்றதாகத் தோன்றும் இவ்வெரி மீன்கள் முக்கியத் தொடர்பு கொண்டு இருக்கவும் கூடும்.



III. லிக் பார்வை நிலையத்தின் ஒரு காட்சி

மேலேயுள்ள இரண்டு ஒளிப்படங்களும் லிக் வானாய்வுக் கூடத்தில் எடுக்கப்பட்டன. இவை இரண்டும் ஒரே காட்சியின் இரு தோற்றங்களாகும். இடப் பக்கத்திலுள்ள படம் வைலட் ஒளியிலும், வலப்பக்கத்திலுள்ளது இன்ஃப்ரா செவ்வொளியிலும் எடுக்கப்பட்டன. கீழ் வளிமண்டலத்திலுள்ள நீர்த்திவலைகளால் இன்ஃப்ரா செவ்வொளி குறைவான மாறுதலே அடைகிறது. இத்தகைய இன்ஃப்ரா செவ்வொளிப் படங்கள் நுண் ஆராய்ச்சிக்கு மேலும் வழி வகுக்கின்றன.

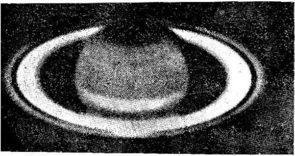


IV. செவ்வாய்

இவ்விரண்டு படங்களில் இடப் பக்கம் உள்ளது செவ்வொளியிலும், வலப் பக்கம் உள்ளது நீல ஒளியிலும் எடுக்கப்பட்டது. பயன்படுத்தப்பட்ட ஒளியின் நிறங்களுக்கு அமைந்த செவ்வாய் கிரகத்தின் தோற்ற அளவை நிறப் புகைப்படம் காட்டுகிறது. இப் படம் 200 அங்குல ஹேல் தொலை நோக்கியைப் பயன்படுத்தி மிக் வானாய்வுக் கூடத்தில் எடுக்கப்பட்டது. செவ்வாய் கோளின் விட்டம் பூமியின் விட்டத்தில் பாதியாகும்.

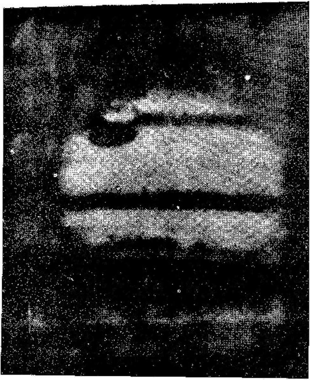
V. வெள்ளி என்ற கோள்

நிலா போன்று தோன்றும் இது 200 அங். தொலை நோக்கியில் எடுக்கப்பட்ட வெள்ளிக் கோளின் ஒளிப்படமாகும். இக் கோள் நீர்த்திவலைகள் அற்ற வெண் முகில்களால் சூழப்பட்டதாகும். இம் முகிலில் எண்ணெய்த் திவலைகள் இருக்கக்கூடும். வெள்ளிக் கோளின் பரிமாணம் ஏறத்தாழ பூமியின் அளவினதாகும்.



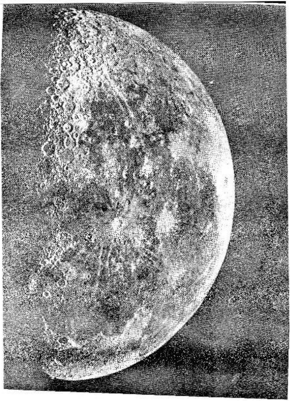
VI. சனி என்ற கோள்

இவ் ஒளிப் படம் 100 அங். தொலை நோக்கி மூலம் 'வில்சன்' வானாய்வுக் கூடத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்டது. சனிக்கோள் பெரும்பான்மையாக ஹைட்ரஜன் வாயுவால் ஆக்கப்பட்டது. ஆனால், வெளிப்புற வளையங்கள் மென்மையான ஐஸ் படிகங்களால் ஆக்கப்பட்டிருக்கிறது. சனிக் கோளிலுள்ள 'மிமாஸ்' என்ற ஒரு துணைக் கோளின் காரணமாக வளையத்தில் கருமை இடம் காணப்படுகிறது. அந்தத் துணைக் கோள் படத்தில் குறிக்கப் படவில்லை. சனிக்கோள் பூமியைப் போன்று எடையில் 95 பங்கும் பரிமாணத்தில் 9 பங்கும் அதிகமுடையது. சனியின் ஒரு நாள் என்பது 10 மணியைவிடச் சிறிது அதிகம் ஆகும்.



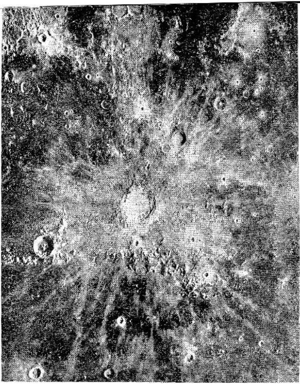
VII. வியாழன் என்ற கோள்

200 அங்குல தொலை நோக்கியின் மூலம் இந்த அழகான வியாழன் கோள் நிழற்படம் எடுக்கப்பட்டது. வியாழன் கோள் பூமியின் பரிமாணத்தைப் போல 10 மடங்கு உள்ளது. மேலே வலக் கைப் பகுதியில் 'கரிமேடு' என்ற துணைக்கோள் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இதன் வட்டமான நிழலையும் பக்கத்தில் காணலாம். நீழல் பகுதிகள் ஞாயிற்றின் ஒளிமறைவின்போது மறைக்கப்படுகின்றன. பெரிய நீள் கோள வடிவமாய் அமைந்து இருக்கும் இடம் புகழ் பெற்ற சிகப்புக் கறைகளாகும்.



IX. முழு நிலா

100 அங்குல தொலைநோக்கியின் மூலம் எடுக்கப்பட்ட முழு நிலவின் ஒளிப்படம். சந்திரன் 2,160 மைல் விட்டமுள்ள ஒரு பெரிய உருண்டை கல் போன்று தோற்றமளிக்கிறது. ஒளிப் பாகத்தின் வலப் புறத்தில் 'மரையா' என்ற கருப்புவெளியும் 'டைகோ' என்ற எரிமலை வாய்களையும்; அந்த 'டைகோ' எரிமலை வாய்களிலிருந்து வெளிப்படும் சுடர் வீசுகின்ற மெல்லிய கதிர் வீச்சுகளையும் காணலாம்.



X. கோபர்நிகஸ் என்ற எரிமலை வாயும் அதன் சுற்றுப்புறங்களும்

இந்த கோபர்நிகஸின் சுற்றுப்புறமும் 100 அங்குல தொலை நோக்கியின் மூலம் எடுக்கப்பட்டது. சந்திரன் மேற்பரப்பைப் பற்றிய சில தெளிவான விவரங்களை இப் படத்தின் மூலம் அறியலாம். கோபர்நிகஸின் விட்டம் கிட்டத்தட்ட 57 மைல்கள் உடையது. படத்தில் காணப்படுகிற சிறு எரிமலை வாய்கள் இரண்டு அல்லது மூன்று மைல் விட்டங்களுடையது.

ஒரு விலங்கோ அல்லது தாவரமோ இறக்கும் பொழுது வளியிலிருந்து கார்பன் உட்கொள்ளப்படாது. ஆகையினால் விலங்கு அல்லது தாவரம் இவற்றின் மூல உறுப்பில் C^{14} கிடைப்பதும் இது வளியின் மூலம் புதுப்பிக்கப்படாது. ஆகையினால் இறந்த மூல உறுப்பிலிருந்து C^{14} நீங்கிவிடும்.

இப்பொழுது நமக்கு ஓர் உயிரற்ற மூல உறுப்புக் கொடுக்கப்பட்டதாக வைப்போம். உதாரணமாக, ஒரு மரத் துண்டு எனவைப்போம். அப்பொழுது கார்பனில் C^{14} ஆக உள்ள பொருள் எவ்வளவு என்பதை ஒரு நுண்ணிய ஆய்விலிருந்து கண்டுபிடித்து விடலாம். உயிருள்ள மூல உறுப்பில் எவ்வளவு C^{14} இருக்கின்றது என்பதையும் கண்டுபிடித்து விடலாம். இந்த இரண்டையும் கொண்டு 2ல் உள்ள வரிக்கோட்டை மூன்றும் வகையில் பயன்படுத்துவோம். அதாவது, அந்த மரக்கட்டையின் வயதை வரிகோட்டிலிருந்து கண்டறிவோம். அதாவது அது எந்த மரத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்டதோ, அந்த மரம் பட்டுப்போன காலத்திலிருந்து இதுவரை உள்ள கால அளவைக் கண்டறியலாம். இந்த வழியைப் பின்பற்றி லிப்பி என்பவர், ஸிகோயா (sequoia) (குவிகை வடிவக் காயினை உடைய ஊசியிலை மரவகை) என்ற ஒரு மர வகையின் வயதை 1500 ஆண்டுகள் வரை நிர்ணயித்திருக்கிறார். இந்த முடிவுகளைத் தனிப்பட்ட முறையில் மர வளையங்களை (tree rings)க் கொண்டு நிர்ணயிக்கப்பட்ட வயதுகளோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கப்பட்டது. கண்டறிந்த இவ்விரண்டு முடிவும் உள்ள பொருத்தம் மிகவும் திருப்திகரமாகவே இருக்கின்றது.

இதுமட்டுமல்ல ; பழைய கல்லறைகளிலுள்ள மரத் துண்டுகளை எடுத்து இந்த முறையைக் கொண்டு ஆராய்வார். இதைத் தவிர, இந்த முறையை 5,000 ஆண்டுகள் வரையில் இதற்கும் மேலான வயதுகளை உடைய பொருள்களை ஆராய்ந்தெடுத்து இதன் முக்கியத்துவம் நமக்கு நன்றாக விளங்கும். இந்த மத்திய மெஸொபொடாமியா (Mesopotamia), எகிப்து (Egypt) ஆகிய இடங்களில் மனிதன் முதல் தோன்றிய நாகரிக காலத்திற்குரியதாகும். உதாரணமாக, ஹெமகாவின் கல்லறை (tomb of Hemaka) சுமார் 4,900 ஆண்டுகளுக்கு முந்தியதாகும். சரித்திர முறையில் பிரெய்ட் உட் (Braid wood) என்பவரால் நிர்ணயிக்கப்பட்ட இதன் வயது 4,700 ஆண்டுகளுக்கு மேலும், 5,100 ஆண்டுகளுக்கு உள்ளும் இருக்கலாம் என்று தெரிகிறது. இந்தச் சிறந்த ஒற்றுமை நம்மைத் திடுக்கிட வைக்கிறது. ஒருபக்கம், சரித்திர ஆசிரியர் ஒருவர் எழுத்து மூலமான உள்ள ஆதாரங்களை வைத்து, தொடர்ந்த காலங்களின் மூலம் நடந்த கால உண்மைகளை அறிகின்றார் ; மற்றொரு பக்கம்

பௌதிக அறிஞர் ஒருவர் அணுக் கருவின் ஆய்விலிருந்து மிகவும் நுண்ணிய மன ஆராய்ச்சி வாயிலாக கடந்த கால உண்மைகளை வரையறுக்கிறார். இந்த ஆராய்ச்சிகளில் ஒருவர் மட்டுமன்றிப் பல அறிஞர்கள் சேர்ந்து, தவறு ஏற்படாமல் ஆராய்ச்சி செய்கிறார்கள். இவ்வாறு இரு சாராரும் செய்த ஆராய்ச்சிகளை ஒப்பிட்டுப் பார்த்து ஒரே முடிவைக் காணும்போது நமக்கு விந்தையாக இருக்கிறது.

வட துருவத்திலுள்ள பெரிய பனித் தளங்கள் (ice-sheets) வட அமெரிக்காவிலும், வடமேற்கு ஐரோப்பாவிலும் ஊடுருவிச் செல்லும்பொழுது, முன் நோக்கிச் செல்லும் பனித் திட்டு ஓரிடத்தில் ஒரு மரத்தைக் கிழித்தெறிந்து அதைப் புதைத்துவிட்டிருக்கும். பனிக் கட்டிகள் பின்வாங்கிய பிறகு மரத்துண்டுகள் சிதை பொருளாகப் புதைந்து கிடக்கும் பல ஆயிர ஆண்டுகள் கழிந்த பிறகு மனிதர்கள் இந்தத் துண்டுகளைத் தோண்டி எடுக்கின்றனர். இந்தத் துண்டுகளைச் சோதனைக் கூடத்திற்கு எடுத்துச் சென்று இவைகளில் C^{14} எவ்வளவு காணப்படுகின்றது என்பதை ஆராய்கின்றனர். இதிலிருந்து இந்த மரத் துண்டுகளின் வயது கண்டு பிடிக்கப்படுகின்றது. ஆகையினால், முன்னேறிச் சென்ற பனிக்கட்டித் திட்டு எத்தனை ஆண்டுகளுக்குமுன் மரத்தைப் பிளந்தது என்பதை மனிதன் அறிந்து கொள்கிறான்.

இவ்வாறு தான் கடைசியான சிறந்த பனிக்கட்டிக்காலம் (ice-age) 10,000 ஆண்டுகளுக்கு முந்தியது என நிர்ணயிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இது பல புவியியல் அறிஞர்களால் (geologists) நிர்ணயிக்கப்பட்ட வயதைவிட மிகக் குறைவாகும். வட அமெரிக்காவில் மனிதர்களுடைய குடியேற்றம் இதற்குப் பிறகுதான் ஏற்பட்டிருக்கவேண்டும். ஐரோப்பாவில் பனிக்கட்டிக்குத் தென் பகுதியில் மனிதர்கள் குகைகளில் வாழ்ந்து வந்தனர். லாஸ்காக்ஸ் குகை (cave of Lascaux) ஒன்று பிரான்சு நாட்டில் உள்ளது. பல பிரசித்தி பெற்ற ஓவியங்களை உடையது இந்தக் குகை, 15,500 ஆண்டுகளுக்கு முன் மனிதன் இதில் வாழ்ந்திருக்க வேண்டும். இதை இந்தக் குகையிலுள்ள ஒரு கரித் துண்டை எடுத்து ஆராய்ந்ததிலிருந்து கண்டு பிடித்தனர்.

200 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் அட்லாண்டிக் மாக்கடலின் வெப்பநிலை யாது? (What was the temperature of the Atlantic Ocean 200 million years ago ?)

முதல் முதலில் இந்தக் கேள்விகளுக்கு விடை கூற முடியாதெனத் தோன்றும், இருந்தாலும் ஹேரால்ட் ஊரே (Harold

Urey) என்பவரால் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு திறமை வாய்ந்த முறையினால் இதைக் கண்டு பிடிக்கலாம். இந்த முறை ஆக்ஸிஜனின் ஐஸோடோப்புகளைப் பொறுத்ததாகும். ஆக்ஸிஜனுக்கு இயற்கையாக மூன்று ஐஸோடோப்புகள் உள்ளன என்பதை நினைவில் வைக்க வேண்டும். இவை O^{16} என்ற 8 புரோட்டான்களையும், 8 நியூட்ரான்களையும் கொண்ட முக்கிய ஐஸோடோப்பும், 8 புரோட்டான்களையும் 9 நியூட்ரான்களையும் கொண்ட O^{17} என்ற ஐஸோடோப்பும், மற்றும் 8 புரோட்டான்களையும், 10 நியூட்ரான்களையும் கொண்ட O^{18} என்ற ஐஸோடோப்புமாகும். தண்ணீர் இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களையும், ஓர் ஆக்ஸிஜன் அணுவையும் கொண்ட ஒரு கூட்டணு (molecule) வாகும். சாதாரணமான ஆக்ஸிஜன் அணுவில் ஓர் O^{16} அணுக்கரு இருக்கும். ஒரு சிறு அளவு தண்ணீர் கூட்டணுக் கருவையோ அல்லது O^{18} அணுக் கருவையோ உடையதாகும். கடல் நீரில் 2,000 கூட்டணுக்களில் ஒரு கூட்டணு ஓர் O^{17} ஆக இருக்கும். 300 ல் ஒன்று O^{18} ஆக இருக்கும்.

கடலில் வசிக்கும் சில சிறிய விலங்குகள் தண்ணீரிலிருந்து ஆக்ஸிஜனை எடுத்துக் கொள்கின்றன. இது, அவைகளின் மேல் ஓட்டிற்கு வேண்டிய கார்போனேட்டுகளைக் (carbonates) தயார் செய்ய உதவுகிறது. ஆகையினால் விலங்குகளின் ஓடுகள் இந்த மூன்று ஐஸோடோப்புகளையும் உடையதாகும். இங்கும் நாம் முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டும்— இந்த மூன்று ஐஸோடோப்புகளும் ஓடுகளில் தண்ணீரில் உள்ளதுபோல அதே அளவில் இல்லை. இவைகளின் அளவு கார்போனேட்டுகளின் கிரகிப்பிற்கான இரசாயன மாற்றங்களினால் சிறிது மாறுதல் அடைகின்றது. இது தண்ணீரின் வெப்ப நிலைக்கு ஏற்றபடி மாறும். ஆகையினால் பல காலங்களுக்கு முன் வசித்த ஒரு விலங்கின் ஓட்டை ஆராய்ந்து, அதில் ஆக்ஸிஜன் ஐஸோடோப்புகள் எவ்வளவு இருக்கும் என்பதைக் கண்டுபிடித்தால், இதிலிருந்து அந்த விலங்கு வசித்து வந்த பெருங் கடலின் வெப்பநிலை எவ்வளவு என்பதைக் கணக்கிட்டு விடலாம். ஆகையினால் மேல் ஓடு ஒரு பழம் பொருள் வெப்பமானியாக (fossil thermometer) உதவுகிறது.

இந்தத் திட்டம் செய்வதற்குச் சங்கடங்களுண்டு; ஏனென்றால், மிகவும் சிறிதளவில் உள்ள ஐஸோடோப்புகளைக் கண்டு பிடிக்க வேண்டும். உண்மையாக, O^{16}, O^{18} ஐஸோடோப்புகளைத் தான் கண்டுபிடிக்க முடிந்தது. O^{17} ஐஸோடோப்பு மிகவும் குறைந்த அளவில் இருப்பதினால் இதைச் சரியாகக் கண்டுபிடிக்க முடியவில்லை. ஆனால், விலங்குகள் இறந்த பிறகு மாறுத லெதுவும்

அடைப்பாளிகளின் என்பதைத் தீர்மானிக்க வேண்டும். மேலும், மூழ்கியுள்ள கடல்வாழ் உயிரின முன்னணியில் காணப்படும் நுண்ணியத் தாள் பயன்படுத்த வேண்டும் என்கின்றனர், உத்தமமான தடங்களில் நுண்ணுயிரிகளின் விகித அளவு கடல் தண்ணீரைவிட வேறு பட்டதாகும். இவ்வளவு இடைவெளியிருப்பினும், லோவே, லோவென்ஸ்டாம் (Lowenstam) மற்றும் மக்கின்னே (Mckinney) என்பவர்கள் இதை அளந்திருக்கிறார்கள். வடக்கு அட்லாண்டிக்கில் மிஸ்ஸிஸிப்பியின் (Mississippi) 33° குறுக்குக் கோட்டிலிருந்து (latitude) இக்கோடு, பெலாமைட் வரை அளந்திருக்கிறார்கள். இது 15°C அளவில் ஒரே நிலையில் குறிப்பாகக் காணப்படுகிறது. இது 200 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குமுன் உள்ள நிலையாகும்.

இன்னொன்றையும் குறிப்பிடலாம். ஒரு கடற் பிராணியின் ஓட்டை உருவாகப் பல ஆண்டுகளாகும். ஓட்டின் பல துண்டுகளை ஆராய்ந்து, அந்தப் பிராணியின் ஆயுள் காலத்திலிருந்து கடலின் வெப்பநிலை எப்படி மாறியது என்பதைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இதை மேற் சொன்ன அறிஞர்கள் ஆராய்ந்திருக்கின்றனர். 6°C அளவு முறையாக மாறும் ஒரு நிலையை இவர்கள் தெரிவித்துள்ளனர். இது கோடை காலத்திலிருந்துக் குளிர் காலத்திற்கும் உள்ள இடைக் காலத்தில் கடலின் வெப்ப நிலையில் உள்ள மாறுதலைக் குறிக்கின்றது. இது வியக்கத்தக்க முடிவாகும். 200 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் பெருங்கடலின் வெப்ப நிலையில் ஏற்படும் காலத்திற்கேற்ற மாறுதல்களை அளந்து அறிவது நம்பத்தகாதது தான் உண்மையாகவே இருக்கின்றது.

புவியின் வயது (The age of the Earth)

புவி 4,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் வயதுடையது என்று அறுதியிட்டுக் கூறியிருக்கிறோம். இந்த மதிப்பீடு எவ்வாறு தீர்மானிக்கப்பட்டது என்பதைப் பற்றிக் கூறுவோம். கரிமத்திரத்தில் எவ்வாறு பழம் பொருள்களின் வயதைத் தீர்மானிக்கின்றார்களோ அதே முறையில் புவியின் வயதையும் நிர்ணயிக்கலாம். C^{14} அணுக்கருவின் சிதைவு, புவியின் வயதைக் கண்டுபிடிக்க உதவாது—புவியைவிட வயதுடையதுதானால் முதலில் இருந்துள்ள C^{14} பல காலத்திற்கு முன்பே மறைந்து போகும். இந்த நிலையைத் தவிர்க்க அரை—வாழ்வு கால அளவு 10,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குள் கட்டுண்டு கிடைக்க வேண்டும். இது கதிரியக்கத்திலுள்ள பொருளின் தேவையைக் குறைத்து விடுகிறது. ஏனென்றால் சில கூட்டணுக்கள் தான் இவ்வளவு அதிக அரை-வாழ்நாட்களை உடையனவாகும். உண்மையில் இரண்டு வகை கூட்டணுக்கள் தான் இம்மாதிரியான காரியங்களுக்குப் பயன்படுத்தப் படு

கின்றன. இவை யுரேனியம் ஐசோடோப்புகளான U^{238} (92 புரோட்டான்களையும், 146 நியூட்ரான்களையும் உடைய) என்ற 4,510 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு அரை வாழ் நாளும், U^{235} (92 புரோட்டான்களையும், 143 நியூட்ரான்களையும் உடைய) என்ற 707 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு அரை—வாழ் நாளையும் உடையன வாகும்.

யுரேனியம் ஐசோடோப்புகள் நிலையற்றவையாகும், ஏனென்றால், இவைகளின் அணுக்கருக்களின் மின் விசைகள் ஏராளமாக உள்ளன. இதனால் துண்டுகள், அப்பொழுதைக்கப்பொழுது வெளியே எறியப்படுகின்றன. ஒரு முழு யுரேனியம் அணுக் கருவிலிருந்து ஒரு துண்டு (உண்மையாக 2 புரோட்டான்களையும், 2 நியூட்ரான்களையும் உடைய ஹீலியம் அணு) வெளியே எறியப் பட்ட உடன் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக மற்ற துண்டுகளும் வெளியேற்றப்படும். ஒரு நிரந்தர அணுக்கரு உருவாகும் வரை இவ்வாறு நடக்கும். மின்சார விசைகள் குறைக்கப்பட்டு அணுக்கரு விசைகள் நிலைமை முற்றிலும் தங்கள் வசமாக்கிக் கொள்ளும் வரை இவ்வாறு நடக்கும். முடிவில் யுரேனியம் ஈயமாக மாறி விடும். U^{238} என்ற ஐசோடோப் ஈயத்தின் ஐசோடோப்பான Pb^{206} (82 புரோட்டான்களையும், 124 நியூட்ரான்களையும் கொண்டது) ஆக மாறிவிடும். இதேபோல் U^{235} என்ற ஐசோடோப் Pb^{207} (82 புரோட்டான்களையும், 125 நியூட்ரான்களையும் கொண்டது) ஆக மாறிவிடும்.

இங்கு முக்கியமாகக் கவனிக்கவேண்டியது, ஓர் அணுக்கருவின் பிளவு (fission) என்ற முறை இங்கு ஏற்படவில்லை என்பதே. இங்கு நாம் குறிப்பிடுவது, யுரேனியத்தின் இயல்பான கதிரியக்கத் திறனாகும் (Natural radio activity) —அதாவது, போதிய அளவு நீண்ட காலம் யுரேனியத்தைத் தனியே வைத்தால் அது என்னவாகும் என்பது. யுரேனியத்தில் பிளவு ஏற்படுத்த ஒரு வேறு முறையைக் கையாளவேண்டும். இது ஒரு நியூட்ரான் அணுவைச் சேர்த்து யுரேனியம் அணுக்கருவைக் கலக்கி விட்டால் நேரிடலாம். ஓர் யுரேனியம் அணுவில் பிளவு ஏற்படும்பொழுது, சிறு துண்டுகள் வெளியேற்றப் படுவதில்லை. இது ஒப்பிடக்கூடிய இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றது. ஆனால், இரண்டு முறைகளும் ஒரே மாதிரியானவை. ஏனென்றால் இரண்டும், யுரேனியம் அணுக்கருக்களில் மின் விசைகளின் செறிவினால் (intensity) ஏற்படுகின்றன.

இதுவரை சொன்னதிலிருந்து புவியின் வயதைத் தீர்மானிக்கும் பிரச்சினை ஓர் எளிய பிரச்சினையே என்று தோன்றும். மாதிரிப்

பொருளாக ஒரு பாறையை எடுத்துக்கொண்டு, இதை ஆராய்ந்து, இதில் U^{238} (உதாரணமாக) எவ்வளவு இருக்கின்றது என்பதைத் தீர்மானிப்போமாக. மேலும் இதில் Pb^{206} எவ்வளவு இருக்கின்றது என்பதையும் தீர்மானிப்போம். இதிலிருந்து முதலிலும், தற்போதும் உள்ள U^{238} எவ்வளவு என்பது நமக்குத் தெரிந்து விடுமல்லவா? ஏனென்றால் Pb^{206}, பாறை அது ஏற்பட்ட காலத்திலிருந்து இதுவரை சிதைவுற்றதிலிருந்து தான் கிடைத்திருக்கும். ஆகையினால், U^{238}-ன் அரை-வாழ்நாளை அறிந்தால், ஓர் எளிய கணக்கீட்டிலிருந்து இந்தத் துண்டுப் பாறையின் வயதைக் கண்டுபிடித்து விடலாம். ஆனால், இந்த முறையில் முதலில் பாறையில் Pb^{206} இல்லை என்று வைத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. அப்படி இருந்தால் இந்தக் கணக்கு தவறும். இந்த உறுதியற்ற நிலையிலும், புவியின் வயதைத் தீர்மானிக்க யுரேனியத்தைப் பயன்படுத்துவதற்கு ஒரு சிக்கலை ஏற்பட்டது — இதே மாதிரியான இடர்ப்பாடு மற்றொரு ஐசோடோப்பான U^{235}-ஐப் பொறுத்தவரையிலும் ஏற்படுகிறது. சமீப காலத்தில் தான், ஓர் எதிர்ப்பும் இல்லாத வகையில் இந்த முறையைப் பயன்படுத்த முடிந்தது. இதைக் காலிஃபோர்னியா தொழில் நுட்ப ஆய்வு நிலையத்தைச் சேர்ந்த C. பாட்டர்சன், மற்றும் R. ஹேய்டன் (C. Patterson, and R. Hayden) என்பவர்கள் கையாண்டனர். இந்தப் புதிய முறை யுரேனியம் இப்பொழுதும், மற்றும் எப்பொழுதுமே இல்லாத ஒரு விழ்மீனை (mateorite) ஆராய்ந்தறிவதைப் பொறுத்ததாகும். இதன் நோக்கம், முதலில் விழ்மீனில் எவ்வளவு ஈயம் இருந்தது என்பதைக் கண்டுபிடிப்பதே. யுரேனியச் சிதைவுறுதலால் இந்த விழ்மீனில் ஈயம் குறையாது. அப்பொழுது, யுரேனியத்தை உடைய இரண்டாவது விழ்மீன் ஒன்றை ஆராய்ந்து, இவை இரண்டிலும் ஈயம் எவ்வளவு இருக்கின்றது என்பதைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இதிலுள்ள வித்தியாசம் யுரேனியத்தினால் தான் என்று சொல்லலாம். அப்பொழுது இந்த இரண்டாவது விழ்மீனின் வயதை ஓர் எளிய கணக்கு முறைப்படி அறியலாம். மேலும், புவியில் ஈயத்தின் ஐசோடோப்புகள் இந்த விழ்மீன்களில் உள்ள விகிதத்திலேயே இருந்தன என்று வைத்துக்கொண்டால், புவியின் பாறைகளின் வயதை சரியாகத் தீர்மானித்து விடலாம். புவியின் வயதும், விழ்மீன்களின் வயதும் சுமார் 4,030 மில்லியன் ஆண்டுகள் எனத் தெரிகின்றது. (சாதாரணமாகக் காணப்படும் Pb^{204} என்ற ஈயத்தின் ஐசோடோப் யுரேனியத்தின் சிதைவினால் பாதிக்கப்படாது. ஆகையினால் Pb^{206}, Pb^{207} ஆகிய இவைகளை அளக்கும் பொழுது Pb^{204} என்ற ஐசோடோப் எப்பொழுதும் ஒரு மூல அளவாக வைத்துக்கொள்ளப்படுகின்றது).

புவியின் வயது மற்றும் சூரியக் குடும்பத்தின் வயது இவை சுமார் 4,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் எனக் கொடுக்கப்பட்டது. சில ஆண்டுகளுக்கு முன் கொடுக்கப்பட்ட மதிப்பீட்டைப்போல் இரண்டு மடங்குகளாகும். முன்பு கொடுக்கப்பட்ட மதிப்பீட்டில் எப்படி தவறு ஏற்பட்டிருக்கலாம் என அறிய விரும்பலாம். இந்தத் தவறு முதலில் Pb^{206}, Pb^{207} ஆகியவைகளின் மதிப்பீட்டில்தான். புவியின் வயது, முன்பு அநேக விஞ்ஞானிகள் நினைத்ததைவிட அதிகமாகவே இருக்கும் என நம்பலாம். இங்கு விளக்கங்களைக் குறிப்பிடக் கூடியது பல ஆண்டுகளுக்கு முன் ஹோம்ஸ் (Holmes) என்பவர் புவியின் வயதைக் கிட்டத்தட்ட 4,000 மில்லியன் ஆண்டுகளாக மதிப்பிட்டதாகும்.

சூரியனின் ஆற்றல் (The energy of the Sun)

சென்ற சில ஆண்டுகளுக்குள் ஒரு பெரிய மர்மத்தை விளக்கியிருக்கின்றனர். அதாவது சூரியன் மிகப் பெரிய அளவில் ஆற்றலை எப்படி வானவெளியில் பொழிகின்றது என்பதே. ஒரு நொடியில், மனிதர்கள் அனைவரும் வாழ்நாட்கள் முழுவதும் பயன்படுத்திய அளவைவிட அதிகமாகவே சூரியன் ஆற்றலை வெளிப்படுத்துகின்றது.

இந்த ஆற்றல் பெரும்பாலும் சூரியனின் மிக உட்புறத்தில் ஏற்படும் அணுக்கரு வினைகளினால் வெளிப்படுகின்றது. இந்த முறைகளாவது :

$$H^1(p, \beta)\, H^2 \qquad (i)$$
$$H^2(p, \gamma)\, He^3 \qquad (ii)$$
$$He^3(He^3, 2p)\, He^4 \qquad (iii)$$

(i), (ii) ஆகிய இவைகளைக் கண்டுபிடித்தவர்கள் H. பெதே, C. L. கிரிச்பீல்ட் (H. Bethe, C. L. Critchfield) என்பவர்கள். (iii)-ஐக் கண்டுபிடித்தவர் C லாரிட்சன் (C Lauritsen) என்பவர். இந்த முறையை முற்றிலும் E. சால்பீடர் (E Salpeter) என்பவர் சமீபத்தில் ஆராய்ந்திருக்கின்றார்.

இந்த வினைகள், முதலில் தோன்றுவது போல் அவ்வளவு கடினமல்ல. எடுத்துக்காட்டாக (i)-ல் H^1 என்பது ஹைட்ரஜனைக் குறிக்கும். இதில் ஒரே ஒரு புரோட்டானைக் கொண்ட அணுக் கரு இருக்கும். H^2 என்ற குறியீட்டில், H என்பது ஹைட்ரஜனையும், 2 என்பது இரண்டு துகள்களைக் கொண்ட ஓர் அணுக் கருவையும் குறிக்கும். இரசாயனத் தனிமமாகிய ஹைட்ரஜன் 1 புரோட்

டானை உடைய தூவநகாள், இது 1 புரோட்டானையும், 1 நியூட்ரானையும் கொண்ட அணுவின் கருவைக் குறிக்கும். இவ்வாறான அணுவின் கரு கண்டுபிடிக்கப்பட்டு இதை டியூட்ரான் என்று அழைக்கின்றனர். எதிரியக்கம் (i)-ல், H^1 உடன் ஒரு புரோட்டானைச் சேர்த்தால் அது H^2 ஆகின்றது என்பதைக் குறியீடு காண்பிக்கின்றது—ஒரு புரோட்டானுடன் இன்னொரு புரோட்டானைச் சேர்த்தால் அது ஒரு புரோட்டானும், ஒரு நியூட்ரானும் கொண்ட அணுக்கரு ஆகின்றது. இது ஒரு புரோட்டானை ஒரு நியூட்ரானாகச் செய்கின்றது. இதை β என்ற குறியீட்டின் மூலம் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. எதிரியக்கம் (ii)-ல் H^2 உடன் ஒரு புரோட்டானைச் சேர்த்தால் (1 புரோட்டானையும், 1 நியூட்ரானையும் கொண்டது) அது He^3 (2 புரோட்டான்களையும், 1 நியூட்ரானையும் கொண்டது) என்ற ஹீலியத்தின் ஐசோடோப்பாக மாற்றப்படுகின்றது. இதனால் கதிரியக்கம் ஏற்படுகின்றது. எதிரியக்கம் (iii)-ல் He^3 (2 புரோட்டான்களையும், 1 நியூட்ரானையும் கொண்டது) உடன், இன்னொரு He^3ஐச் சேர்த்தால் (2 புரோட்டான்களையும், 1 நியூட்ரானையும் கொண்டது) அது He^4 (2 புரோட்டான்களையும், 2 நியூட்ரான்களையும் கொண்டது) என்ற ஹீலியத்தின் ஐசோடோப்பாக மாறுகிறது. இதில் 2 புரோட்டான்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன.

இந்த மூன்று எதிரியக்கங்களும் முடிவில் ஹைட்ரஜனை ஹீலியமாக்குகின்றன. ஆற்றல் நேரான தன்மையை (positive character) உடைய எலக்ட்ரானுகக் தோன்றுகிறது. இது பாசிட்ரான் (positron) எனப்படும். இது β-முறையில் (i) என்ற எதிரியக்கத்தில் உண்டாகிறது; மற்றும் (ii) என்ற எதிரியக்கத்திலும், (iii) என்ற எதிரியக்கத்தில் வெளியேற்றப்படும் இரண்டு புரோட்டான்களின் ஆற்றல் இயக்கத்திலும் இது ஏற்படும் இவை, விண்மீனின் பொருண்மைக்கு ஆற்றல் சேர்க்கின்றது. β முறையில் வெளிப்படும் நியூட்ரினோ (neutrino) தன் ஆற்றலை விண்மீனை விட்டு அப்பால் எடுத்துச் செல்லுகிறது. இது பிறபாடு கூடக் கிடைக்காமல் போய்விடும்.

மேற் சொன்ன முறையில் புவியின் வாழ்க்கை ஏற்படச் சாதகமாகிறது. ஹைட்ரஜன் ஹீலியமாக மாறிவிட்டால் இதிலிருந்து கிடைக்கும் ஆற்றல் இல்லையெனில் ஞாயிறு பல ஆயிர மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பே உயிரற்ற ஒரு விண்மீனாக அமைந்திருக்கும். (i), (ii), (iii) என்ற மூன்று எதிர் இயக்கங்களையும் ... பொருள்களை மைந்தர்கள் வகுத்திருக்கின்றனர்.

5. சந்திரன், மற்றும் கோள்களைப் பற்றிய பொதுக் கருத்துக்கள்

(Generalities about the Moon and Planets)

நான்கு உட்புறக் கோள்கள் (the four inner planets)

தொலைவுகளின்படி உள்ள முதல் நான்கு கோள்களும்—புதன் (Mercury) வெள்ளி (Venus) புவி (Earth) மற்றும் செவ்வாய் (Mars) ஆகியவை கட்டமைப்பில் கிட்டத்தட்ட ஒரே மாதிரியாக இருக்கின்றன. இதைக் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள அட்டவணையில் உள்ள தகவல்களிலிருந்து அறியலாம்.

கோள்	ஞாயிற்றிலிருந்து அதன் தொலைவு	பொருண்மை	சராசரி அடர்த்தி	அழுத்தமற்ற சராசரி அடர்த்தி
புதன்	0·3871	0.0543	4·5 முதல் 5·0 வரை	4·5 முதல் 5·0 வரை
வெள்ளி	0·7233	0·8156	4·87	4·4
புவி	1·0000	1·0000	5·52	4·4
செவ்வாய்	1.5237	0·1080	4·0 முதல் 4·2 வரை	3·8 முதல் 4·0 வரை

மேற்கொடுக்கப்பட்டுள்ள அட்டவணையில் பத்திகளைப்பற்றிச் சில விளக்கம் தரவேண்டும்.

ஞாயிற்றை ஏறக்குறைய ஒரு வட்டப் பாதையில் சராசரி 150 கிலோ மீட்டர்கள் தொலைவில் புவி சுற்றி வருகின்றது. ஞாயிற்றிலிருந்து கோள்களின் தொலைவுகளை நம் அட்டவணையில் இத்தத்

தொலைவை மூலமாக வைத்துத்தான் கொடுக்கப்படுகின்றன. புவியின் தொலைவை 1,000 என்று எண் கொடுக்கப்பட்டது என்பது இதிலிருந்து விளங்கும். புவியைப் போலவே மற்றக் கோள்களும் ஏறக்குறைய வட்டப் பாதைகளில் ஞாயிற்றைச் சுற்றி வருகின்றன. இந்த எல்லாச் சுற்றுப் பாதைகளும் கிட்டத்தட்ட ஒரே மட்டத்தில் உள்ளவையாகும். மொத்த ஞாயிற்றுக் குடும்பமும் ஒரு தட்டையான அமைப்பை உடையதாகும். மட்டப்பாதை இயக்கத்திலிருந்து சற்று மாறுபாடு இருக்கலாமாதலால் ஞாயிற்றிலிருந்து கோள்களின் மிக அதிக தூரத்திற்கும் மிக குறைந்த தூரத்திற்கும் உள்ள சராசரியையே அதன் உண்மைத் தூரமாகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

ஒரு பொருளின் பொருண்மை அதில் எவ்வளவு பொருள் இருக்கின்றது என்பதைக் காட்டுகிறது. அட்டவணை, செவ்வாயில் புவியைப் போன்று 10·8 சதவீதம் பொருளிருக்கின்றது என்பதைக் காட்டுகிறது. நான்கு கோள்களில் புவியே அதிகப் பொருண்மை உடையதாகும் என்பது தெளிவு. வெள்ளி 81·36 சதவீதப் பொருண்மை உடைய அடுத்த கோளாகும்.

அட்டவணையில் மூன்றாவது பத்தி, நீரின் அடர்த்தியோடு (1 கன செ. மீ.க்கு 1 கிராம்) ஒப்பிட்ட வகையில் கோள்களின் சராசரி அடர்த்திகளைக் கொடுக்கின்றது. புதன், செவ்வாய் இவைகளின் அடர்த்திகளைப் பொறுத்தவரை குறிப்பிடும்படி நிச்சயமற்ற நிலை இருப்பது தெரிகின்றது. இதற்குக் காரணம் இந்தச் சிறிய கோள்களின் பரிமாணங்களைச் சரியாக அளப்பது எளிதாக இல்லாததாலும், புதன், ஞாயிற்றிலிருந்து அதிகத் தொலைவிலிருப்பதாலும், செவ்வாயின் வளி இருப்பதாலும் இவைகளின் பரிமாணத்தைச் சரியாக அளப்பது சாத்தியமாகாது. செவ்வாயில் வளி எப்படி இருக்கின்றது என்பதை, பிளேட் IV-ல் காணலாம். முக்கியமாக சிவப்பு மற்றும் நீல ஒளிகளில் எடுக்கப்பட்ட ஒளிப் படங்களில் உள்ள நிலைகளை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும். மூன்றாவது பத்தியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள அடர்த்திகளைக் கட்டமைப்பைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிக்கு ஏதுவானதாகக் கொள்ள முடியாது. ஏனென்றால் அடர்த்தி அழுத்தத்தினால் பாதிக்கப்படும். இந்த நிலை வெவ்வேறு கோள்களுக்கும் வெவ்வேறாக இருக்கின்றது. உதாரணமாகப் புவியினுள் உள்ள அழுத்தம் செவ்வாயை விட மிக அதிகமாகும். இதற்காகத் தான் கடைசி பத்தியில் அழுத்தத்தின் விளைவுகள் நீக்கப்பட்டது. அழுத்தமே இல்லாவிட்டால் அப்பொழுது அந்தக் கோள்களின் சராசரி அடர்த்தி எவ்வளவு இருக்குமோ அதைத்தான் இந்தப் பத்தியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

இந்தக் கடைசிப் பத்தியிலுள்ள குறிப்புகளில் இரண்டு கவனிக்கத்தக்க உண்மைகள் புலப்படுகின்றன. ஒன்று புவியின் அடர்த்தியும், வெள்ளியின் அடர்த்தியும் ஒப்பிடும் வகையில் கிட்டத்தட்ட ஒன்றாய் இருக்கின்றன. மற்றொன்று, அடர்த்தி மிக உட்புறமாக உள்ள புதனிலிருந்து வெளிப்புறமாக உள்ள செவ்வாய்வரை அதிகரித்துக்கொண்டே போகின்றது. இதிலிருந்து, அவற்றின் பாறையும் இரும்பும் படிப்படியாக மாறுகின்றன என்பது தெரிகின்றது. முதலில் புதனில் 40 சதவிகித அளவு இரும்பு, வெள்ளியிலும், புவியிலும் 30 சதவிகித அளவாகவும் செவ்வாயில் 20 சதவீத அளவாகவும் இருக்கின்றன.

வெள்ளியும், புவியும் ஒப்பிடும்வகையில் இருப்பதினால் வெள்ளியின் உட்புறம் ஓர் இரும்பு உள்ளகம் இருக்கலாம் என்றும் இது இரண்டாவது அத்தியாயத்தில் கூறியபடி அமைந்திருக்கலாம் என்றும் தோன்றுகிறது. புதன், செவ்வாய் இவைகளைப் பொறுத்தவரை நிலைமை சற்றுத் தெளிவாக இல்லை. புவியில் அழுத்த வெப்பம் எவ்வளவு முக்கியமானதோ அவ்வளவு இந்தக் கோள்களில் முக்கியமானதாக இல்லை. புதனிலும், செவ்வாயிலும் அழுத்த வெப்பத்தைத் தன்னுடைய செய்வதாலும் இதன் உட்புறங்களில் இரும்பு பிரிகளாகியிருக்கலாம். ஏனென்றால், புதனிலும், செவ்வாயிலும் உள்ள மிகக் குறைந்த அழுத்தத்தின் விளைவாக இரும்பை உருக்கும் பகுதியான மிக உட்புறமான பகுதிகளில் வெப்பநிலை 1,500°c அளவிற்கு மேல் அதிகமாக இருக்க முடியாது. இது, கதிரியக்கத்தினால் உண்டாக்கக்கூடிய வெப்பநிலையின் எல்லைக்குள் அடர்த்தியுடைய உள்ளகங்களை உடையனவா என்பதை நிர்ணயித்தால், இதைக்கொண்டு நான்கு கோள்களின் கதிரியக்கத்தினால் ஏற்படும் வெப்பநிலை எவ்வளவாகும் என்பதைக் கண்டுபிடித்து விடலாம். (கதிரியக்கத்திற்கு உற்ற பொருள்கள் ஒவ்வொரு கோளிலும் ஒரே அளவில் இருக்கின்றது என்று வைத்துக் கொள்ளலாம்.) இந்தப் பிரச்சினையைத் தீர்ப்பதற்குத் தற்போதைய ஆராய்ச்சி முடிவுகள் போதியனவாக இல்லை.

அதிக அடர்த்தியுடைய உள்ளகத்தின் அமைப்பைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியிலிருந்து இதற்கு நேர்மாறான விளைவாக உள்ள 'பருவற்ற' நீர்கள் பிழியப்பட்டு ஒரு கோளின் மேற்புறத்திற்குத் தள்ளப்படும் நிலைமையை ஆராய்வோம். நீர் பிழியப்படும் அளவிற்கு உட்புற வெப்பநிலைகள் போதியதாக இருக்கவேண்டும். ஆனால், புவியைத் தவிர வேறு ஒரு உட்புறக் கோளில் தான் நீர் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது, இது செவ்வாயிலாகும். செவ்வாயிலும் சிறிதளவு நீர்தான் இருக்கின்றது.

புதனில் தண்ணீர் இல்லாதது ஆச்சரியப்படவேண்டிய உண்மையல்ல. ஏனென்றால், இதன் உட்பகுதியிலிருந்து பிழியப்பட்ட நீர் வெளிப்புறத்திலுள்ள வானவெளிக்குள் விரைவாகப்புகுந்து, கோளை விட்டு முற்றிலும் வெளியேறி யிருக்கும். இவ்வளவு ஆவியாகி வெளியேறுவது புவியில் கருதத்தக்க அளவில் ஏற்படாது. ஏனென்றால், புவி, புதனைவிட மிகவும் பெரியதாக இருப்பதால் ஈர்ப்புப் புலன் நீரைக் கட்டுப்படுத்தும் அளவிற்கு வலுவாக இருக்கும்.

ஆகையினால் முக்கியமான பிரச்சினையாக இருப்பது வெள்ளியே. இங்கு ஒரு தீவிரமான நிலையை அடைகிறோம். வெள்ளியின் ஈர்ப்புப் புலன் புவியைப் போன்ற ஈர்ப்பு வலுவுடையதாகும். ஆகையினால் வெள்ளி, ஆவியாக்கத்தினால் நீரை இழந்துவிட்டது எனக் கூற முடியாது. அப்படியானால் ஏன். வெள்ளி புவியைப் போன்று இருந்த போதிலும், வெள்ளியில் நீர் காணப்படவில்லை? வீனஸ் ஆக்கப்பட்ட பொருளில் நீரே இருந்திருக்காது என்று சொல்வது சரியாகாது. இவை ஞாயிற்றிற்கு அருகாமையில் இருப்பதினால், புவி ஆக்கப்பட்ட பொருளைக் காட்டிலும் குறைந்த நீரை உடையதாகும் எனலாம். ஆனால் சிறிதளவும் நீரே இல்லாமல் இருப்பது நம்பத்தக்கதாகாது. ஆகையினால் அது உருவாக்கப்பட்ட காலத்தில் வெள்ளியில் தண்ணீர் இருந்தால் என்ன நடந்திருக்கும் என்பவை ஆராய்வது தேவையாகும்.

புவியில் நடந்தது போலவே வெள்ளியின் உட்புறத்திலுள்ள தண்ணீர் பிழியப்பட்டு மேற்புறத்தை அடைந்து அங்கிருந்து வாயுவினால் அமைக்கப்பட்ட வளியினுள் புகுந்துவிடும். ஆனால் புதனில் ஏற்பட்டது போல் கோளை விட்டே வெளியேறி விடாது. வளியில் புகுந்தபிறகு தண்ணீர் அதன் கூட்டமைப்பின் அணுக்களான ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன் என்று தனித்தனியே பிரிந்துவிடும். இது ஞாயிற்றின் அல்ட்ரா வயலட் ஒளிகளினால் ஏற்படுகின்றது. இது நம் வளியில் ஏற்படுவதில்லை. இதற்கான காரணங்கள் நிச்சயமாக, வெள்ளியைப் பொறுத்தவரை நடைமுறையில் இருக்காது என்றே சொல்லலாம். நம் வளியிலும் இது ஏற்படுவதில்லை. புவியின் வளியில் ஆக்ஸிஜன் நீராவியை விட உயரே எழும்புவதாலும் ஆக்ஸிஜன் அல்ட்ரா வயலட் ஒளிகளைக் கவரும் தன்மை உடையதாக இருப்பதாலும், அடியிலுள்ள நீராவியைத் தாக்க இயலாது. வெள்ளியில் ஆக்ஸிஜன், நீராவியை விட உயரே சென்றிருக்காது. ஆகையினால் நீராவியை ஞாயிற்று அல்ட்ரா வயலட் ஒளியினின்று காக்க எதுவும் இருக்காது. இந்த இரண்டு நிலங்களுக்கும் உள்ள வித்தியாசம் வெள்ளி

சூரியனுக்கு அருகாமையில் இருப்பதால் அதன் வளியில் வெப்ப நிலை அதிகமாக இருக்கும் என்பதைப் பொறுத்தது. புவியின் வளியில் நீராவி உயரே எழும்பினால் அது குளிர்ந்து நீர்த்துளிகளாகிப் புவியின் மேல் மழையாகப் பொழிகின்றது. இவ்வாறு வெள்ளியின் வளியில் ஏற்படுவதற்கில்லை. ஏனென்றால், இங்கு வெப்ப நிலை அதிகமாக இருக்கின்றது.

ஆகையினால், வெள்ளியின் வளியில் நீர்க் கூட்டணுக்கள் ஹைட்ரஜனாகவும் ஆக்ஸிஜனாகவும் இங்கு தடையில்லாமல் பிரிக்கப் பட்டிருக்க வேண்டும். முதலில் இந்த ஹைட்ரஜனும், ஆக்ஸிஜனும் மறுபடியும் ஒன்றாகச் சேர்ந்து நீர்க்கூட்டணுக்கள் ஆகிவிடும் என்று நினைக்கலாம். ஆனால், இங்கு, ஹைட்ரஜன் வெள்ளியின் வளியை விட்டே தப்பிச் சென்று விடலாம் என்ற உண்மையைக் கவனிக்கவில்லை. வெள்ளியின் ஈர்ப்புப்புலன் நீராவியைப் பிடித்துக் கொள்ளும் அளவு வலுவாக இருந்தாலும் ஹைட்ரஜனைப் பிடித்துக் கொள்ளும் அளவு அவ்வளவு வலுவாக இல்லை. ஆகையினால் நீரிலுள்ள ஹைட்ரஜன் தங்கு தடையில்லாமல் வானவெளியில் தப்பிவிடும். இதனால் வளியில் நீர் அகன்று ஆக்ஸிஜன் மட்டும் தான் தங்கியிருக்கும்.

வெள்ளி ஆக்ஸிஜனைக் கொண்ட பரந்த வளியை உடையது என்பது நமக்குத் தெரிந்திருந்தால் நாம் சொன்னது சரி எனலாம். ஆனால், பரந்த வளியில் கார்பன் டைஆக்ஸைடு தான் இருக்கின்றது. தனிப்பட்ட நிலையில் இருக்கும் ஆக்ஸிஜன் எதுவும் காணப்படவில்லை. இதனால் நாம் நம்பிக்கையை இழக்க வேண்டியதில்லை. ஏனென்றால் ஆக்ஸிஜன் ரசாயன வேலைகளில் மிகவும் சுறுசுறுப்பானது. ஆகையினால் இது வேறு ஒரு பொருளோடு கலந்திருக்கலாம். குறிப்பாகக் கார்பன் டைஆக்ஸைடு கூட்டணுக்களில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் மேற்சொன்னபடி மீதியாக இருந்த ஆக்ஸிஜனாக இருக்கலாம். (ஒவ்வொரு கார்பன் டைஆக்ஸைடு கூட்டணுவும், ஒரு கார்பன் அணுவும், இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களும் உடையதாகும்.)

அடுத்த அத்தியாயத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஆராய்ச்சிக் கருத்துக்கள் தற்போது மிகவும் முக்கியமானவையாகும். இதன்படி முதலில், கார்பன் ஹைட்ரஜனுடன் கூடியிருப்பது தான் சரி என்றும் ஆக்ஸிஜனோடு கூடி இருக்க முடியாது என்றும் தெளிவாகிறது. இந்த நிலை சரியென்றால், வெள்ளியில் நீர் காணப்படுவதன் காரணத்தை அறியலாம். உயர்ந்த நிலையில் உள்ள ஹைட்ரோ கார்பனில் எல்லாக் கார்பனும் இரட்டைப்படும்

தால், இதிலிருந்து நாம் காணும் கார்பன்-டை ஆக்ஸைடு உற்பத்தியாக ஓர் ஆக்ஸிஜன் ஏற்றம் (oxidation) ஏற்படவேண்டும். இதனால் தண்ணீரிலிருந்து பிரிக்கப்பட்ட ஆக்ஸிஜன் எல்லாம் ஹைட்ரோ கார்பன்களை ஆக்ஸிஜன் ஏற்ற முறைக்கு உள்ளாக்குவதற்காகப் பயன்பட்டிருக்கலாம்.

'எல்லாம் கரைப்பட்டன' (all absorbed) என்ற வார்த்தைகள் மிகவும் முக்கியமானவை. ஏனென்றால், வெள்ளிக்கும், புவிக்கும் உள்ள இந்த மாறுபாடுகளை அறிய இவை பயன்படும். வெள்ளியிலுள்ள ஆக்ஸிஜன் முற்றிலும் பயன்படுத்தப்பட்டால், முதலில் நீரைவிட ஹைட்ரோ கார்பன்கள் தாம் அதிகமாக இருந்திருக்க வேண்டும். ஆனால், புவியில் உள்ள நிலை இதற்கு நேர் மாறானது. தண்ணீரே ஹைட்ரோ கார்பன்களைவிட அதிகமாக இருக்கின்றது. இந்தக் குறிப்புகளின் விளைவுகளை அறியப் புவியைப் பற்றிச் சிறிது ஆராயவேண்டும்.

மிக அதிக அளவில் எண்ணெய் புவியின் மேற்பரப்பிற்குப் பாய்வதாக வைத்துக் கொள்வோம். அப்பொழுது இதன் விளைவு என்ன ? இந்த எண்ணெய், ஹைட்ரோ கார்பன்களை உடையதாக இருப்பதனால் காற்றிலிருந்து ஆக்ஸிஜனைக் கவர்ந்துவிடும். இந்த எண்ணெய் போதிய அளவு அதிகமாக இருந்தால் எல்லா ஆக்ஸிஜனையும் நீக்கிவிடும். இவ்வாறு நடந்தால் நம் வளியில் உள்ள நீராவி ஞாயிற்றிலிருந்து வெளிப்படும் அல்ட்ரா-வயலட் ஒளிகளின் தாக்குதலுக்கு உட்பட்டுவிடும். இதனால் நீராவி ஹைட்ரஜனாகவும், ஆக்ஸிஜனாகவும் பிரிக்கப்பட்டுவிடும். ஆக்ஸிஜன் இன்னும் உள்ள எண்ணெயோடு கலந்துவிடும், ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் புவியை விட்டு வெளியில் பறந்துவிடும். மேலும் மேலும் நீர் பிரிக்கப்பட்டு, எண்ணெய் மேலும் மேலும் ஆக்ஸிஜன் ஏற்றமடைந்துவிடும். இந்த விளைவு, நீரோ அல்லது எண்ணெயோ முற்றிலும் தீர்ந்த பிறகுதான் முடிவுக்கு வரும். புவியில் எண்ணெயைவிட நீரே அதிகமாக இருந்திருக்க வேண்டும். வெள்ளியில் இந்த நிலை நேர்மாறாக இருக்கும். அதாவது தண்ணீர் முற்றிலும் தீர்ந்துவிட்டிருக்க வேண்டும். ஆனால், எண்ணெய் அதிகப்படியாக இருந்திருந்தால் இது அப்படியே தங்கிவிடும்—புவியில் தண்ணீர் அதிகப்படியாக எப்படித் தங்கிவிடுகின்றதோ அதுபோல் ஆகும்.

இந்த விளைவு பல முக்கியமான பயன்களை விளைவிக்கும். வெள்ளியின் மேற்புறம் எப்பொழுதும் தடிப்பான வெண்மை நிற மேகங்களால் மூடப்பட்டிருக்கும். இந்த மேகங்களைப்பற்றி[1]

[1] பேரண்டத்தின் இயல்பு (The Nature of the Universe).

முன்பு எழுதும்பொழுது, இந்த மேகங்கள் மிகச் சிறிய தூசு துகள் களினாலானவை என்று சொல்லித் தாட்பியினால் கண்டறியப் பட்ட உண்மைக்குப் பொருத்தமாக இருக்கும் என்று சொன்னேன். இந்தக் கருத்தோடு மேகங்களில் எண்ணெய்த் துளிகள் உள்ளன என்ற கருத்தைச் சேர்த்துக்கொள்ள வேண்டும்—அதாவது வெள்ளி முழுவதும் நிறைந்த புகையார் மூடுபனி (smog)யினால் சூழப்பட்டிருக்கலாம். இந்த மூடுபனி காரணமாக வெண்மை நிறத்தோடு காணப்படும் வெள்ளியைப் பிளேட் V-ல் காணலாம்.

இந்தக் கருத்தைக்கொண்டு முடிவு காணக்கூடிய பிரச்சினை இன்னொன்று உள்ளது. வெள்ளி காணுவதற்கு மிகவும் மெதுவாக அதன் அச்சைச் சுற்றி சுழல்வதாகத் தெரிகிறது. வெள்ளியின் 'நாள்' புவியின் நாளைப்போல் 20 நாட்களாகும். வெள்ளியும், ஆரம்பத்தில் கிட்டத்தட்டப் புவியைப் போன்ற அளவில் (வேகத்தில்) சுழன்றிருக்கலாம்; அதனால், வெள்ளியின் சுழற்சி வேகம் எப்படிக் குறைக்கப்பட்டது என்பது விளக்கப்பட வேண்டும். வெள்ளி கடல்களை உடையதாகும் என்றால், இந்தப் பிரச்சினையை எளிதில் தீர்க்கலாம். ஏனென்றால், வெள்ளி ஞாயிற்றிற்கு அருகாமையில் (புவியைவிட) இருப்பதால் இதில் வலுவான கடலெழுச்சி (tides) ஏற்படும். ஞாயிறு, சந்திரன் இவை இரண்டினாலும் புவியில் ஏற்படக்கூடிய கடலெழுச்சியைக் காட்டிலும் வெள்ளியின் கடலெழுச்சியின் வன்மை அதிகமாக இருக்கும். இதைத் தவிர வெள்ளியின் வளி சூட்டமைப்பு புவியைப் போல் இல்லாமல் முற்றும் வேறுபாடுடையதாகும். ஆகையினால் ஹால்ம்பர்க் (Holmberg) என்பவரால் விவரிக்கப்பட்ட முறையில் வெள்ளியின் சுழற்சி வேகம் புவியைவிட அதிக அளவில் குறைக்கப்பட வேண்டியதில்லை. ஆகையினால் வெள்ளியின் வேகம் கடல் எழுச்சியின் உராய்வினால் (friction) குறைக்கப்பட்டது என்பதும்—வெள்ளி கடல்களை உடையதானாலும் இது சரியாகும்; மற்றப்படி யல்ல. முன்பு, இந்தக் கடல்கள் என்ன திரவங்களினால் ஆனவை என்பதைக் கண்டுபிடிப்பதற்குக் கடினமாக இருந்தது. இப்பொழுது இவை எண்ணெயினால் ஆன கடல்கள் எனக் கூறலாம். இந்தக் கடல்களை மிகவும் செல்வமான டெக்ஸாஸ் எண்ணெய்—மன்னனைவிட (Texas oil-king) அதிக எண்ணெயை உடையவை யாகும் எனலாம்.

இன்னும் ஒன்று தெளிவாக இல்லை. வெள்ளி, தண்ணீரைவிட, ஹைட்ரோ கார்பன்களையே அதிகமாக உடையதாகக் காணப்படு கின்றது. புவியில் இதற்கு நேர்மாறான நிலை இருக்கின்றது. இதற் குக் காரணம் என்ன என்பதை விளக்கவேண்டும். இந்தத் தகவிற்

மாறுபாட்டிற்குக் காரணம் இந்த இரண்டு கோள்களின் தொலைவும் ஞாயிற்றிலிருந்து வேறுவேறாக இருப்பதைப் பொறுத்திருக்கலாம். தண்ணீர் எண்ணெயைவிட எளிதில் ஆவியாகி விடும்; ஆதலால் தண்ணீரின் திட்டம் ஒப்பிடும் வகையில் குறைந்த தொலைவில் உள்ள பொருளில் குறைந்துவிடும். இது ஒரு சுவையான கருத்தாகும். புவி இப்பொழுது இருப்பதைவிட, ஞாயிற்றுக்கு இன்னும் அருகாமையில் இருந்தால் கடல்கள் இன்னும் சிறியனவாக இருந்திருக்கும். ஞாயிற்றைவிட்டுப் புவி இன்னும் தொலைவில் இருந்திருந்தால் அப்பொழுது தண்ணீரும் அளவில் அதிகரித்து நிலப் பகுதியை முற்றிலுமாக மூழ்கடித்திருக்கும்.

பெரிய கோள்கள் (The great planets)

ஞாயிற்றிலிருந்து அவைகளின் தொலைவு நிரலாக உள்ள அடுத்த நான்கு கோள்கள் வியாழன் (Jupiter), சனி, யூரேனஸ், நெப்டியூன் ஆகியவைகளாகும். இவைகளைப் பற்றிய தகவல்கள் பின்வருமாறு :

கோள்	ஞாயிற்றிலிருந்து இவைகளின் சராசரித் தொலைவு	பெருண்மை	சராசரி அடர்த்தி
வியாழன்	5·203	318·35	1·35
சனி	9·539	95·3	0·71
யூரேனஸ்	19·191	14·58	1·56
நெப்டியூன்	30·071	17·26	2·47

இங்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட அளவு முறைகள் முன்பு உள்ளது போலவேயாகும். தொலைவுகள், ஞாயிற்றிலிருந்து புவியின் சராசரித் தொலைவை ஒரு அளவாக வைத்துக்கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வகையில், பெருண்மைகளைப் புவியின் பெருண்மையை ஒரு அளவாகவும், அடர்த்திகளைத் தண்ணீரின் அடர்த்தியை ஒரு அளவாகவும் வைத்துக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இங்குக் கொடுக்கப்பட்டுள்ள அடர்த்திகளின் அளவு சமீபத்தில் G. P. க்யூப்பர் (G. P. Kuiper) என்பவரால் கணக்கிடப்பட்ட அளவுகளை ஒட்டியிருக்கின்றன.

பார்த்த உடனேயே இந்தக் கோள்கள் நான்கு உட்புறக் கோள்களினின்றும் வேறாக மாறுபட்டிருக்கின்றன என்பது தெரிகின்றது. இவைகளின் அடர்த்திகள் மிகக் குறைவாக இருப்பதினால், இவை பாறை—இரும்பு இவைகளின் கூட்டமைப்பினால்

ஏற்பட்டிருக்க முடியாது. இவைகளில் பொருண்மை உட்புறக் கோள்களைவிட மிக அதிகமாக உள்ளது.

இந்தக் கோள்களின் கூட்டமைப்பைப் பற்றி இப்பொழுது தான் விளக்கம் கிடைக்கின்றது. ஐந்து வருடங்களுக்கு முன்பு, மற்றப் பெரிய கோள்களைப் போலவே சனியும் பெரும் பாலும் இலேசான தனிமமாகிய ஹைட்ரஜனைத் தகுந்த அளவில் உடையதானதால் இதன் அடர்த்தி குறைவாக இருக்கின்றது எனக் கருதப்பட்டது— சனியில் 40 சதவீதத்திற்குக் குறைவாகவும், வியாழனில் சுமார் 20 சதவீதமும், யூரேனஸ், நெப்டியூன் இந்தக் கோள்களில் இன்னும் குறைவாகவும் இருக்கலாம். இதன்படி பெரிய கோள்கள் உட்புறக் கோள்களைக் காட்டிலும் அதிக ஹைட்ரஜனை உடையவைகளாகும் என்றாலும், இவற்றின் திட்டம் ஞாயிற்றின் பொருளைக் காட்டிலும் மிகக் குறைவாகவே இருக்கும். உண்மையில், பெரிய கோள்கள், ஞாயிற்றை விட 300 மடங்குகளின் குறைவான ஹைட்ரஜனை உடையனவாகும். வியாழன், சனி இவைகளைப் பொறுத்த வரை சமீபத்தில் நடத்தப்பட்ட ஆராய்ச்சியினால் இந்த நிலை மாறியிருக்கின்றது. ஹாரிஸன், ப்ரௌன் மற்றும் W. H. ராம்ஸே (Harrison, Brown and W. H. Ramsay) இவர்களால், சனியிலும் வியாழனிலும் அழுத்தத்தின் விளைவுகளுக்கான தன்னுடைமை மேற்கூறியவற்றில் போதிய அளவு செய்யப்படவில்லை என்று குறிப்பிடப்பட்டது. (தற்போது கொடுக்கப்பட்டுள்ள அடர்த்தியில் அழுத்தத்திற்கான தன்னுடைமை செய்யப்படவில்லை. 81 ம் பக்கத்தில் கொடுக்கப் பட்டுள்ள அட்டவணையில் தன்னுடைமை செய்யப்பட்டுள்ளது). ராம்ஸேயின் ஆராய்ச்சியிலிருந்து வியாழனும், சனியும் 80 சதவீதம் ஹைட்ரஜன் உடையனவாகும் என்பது தெரிகின்றது. ஆனால், யூரேனஸ், நெப்டியூன் இவைகளைப் பற்றிய வரை நிலைமையில் மாறுதல் ஒன்றும் கிடையாது. தண்ணீர், மீதேன், அம்மோனியா, மேலும் நியான் இவை இந்தக் கோள்களின் அடர்த்தியைச் சரியான அளவில் கொடுக்கின்றன.

புளூடோவின் புதுமையான நிலை (The strange case of Pluto)

கடைசியாக ஒரு கோளைப்பற்றிக் குறிப்பிட வேண்டும். இது ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தில் கடைசிக் கோளான புளூட்டோவாகும். இதை C. W. டாம்போ (C. W. Tombough) என்பவர் லாவெல் சோதனைக் கூடத்திலிருந்து (Lowell Observatory) 1930-ம் ஆண்டு கண்டுபிடித்தார்.

புளூட்டோவின் சுற்றுப்பாதை ஒரு வட்டப்பாதை ஆகாது. சராசரியில் புளூட்டோ, நெப்டியூனைவிட, ஞாயிற்றிலிருந்து 30 சத

விதுரா அதிகத் தொலைவில் உள்ளது. ஆனால், புளூட்டோவின் சுற்றுப்பாதை வட்டமாக இல்லாததனால் இந்தக் கோள் ஞாயிற்றின் அண்மையில் இருக்கும்பொழுது நெப்டியூனின் சுற்றுப்பாதைக்குள் நுழைகின்றது. இதனால் புளூட்டோ நெப்டியூனிலிருந்து தப்பியோடிய ஒரு துணைக்கோளாக இருக்கலாம் என்று லிட்டில்டன் (Lyttleton) என்பவர் தெரிவித்தார். இந்தக் கருத்து உண்மையாக இருக்கலாம் என்று கருதப்படுகிறது. ஏனென்றால், நான்கு உட்புறக் கோள்களைப்போல் இதுவும் பொருண்மையில் குறைந்ததாக இருக்கின்றது.

நெப்டியூனின் சுற்றுப்பாதையில் சில வடிவமாற்றங்கள் (distortions) இருப்பதிலிருந்து புளூட்டோவின் பொருண்மை கணிக்கப்பட்டது. ஏனென்றால், இந்த வடிவ மாற்றம் புளூட்டோவினால்தான் ஏற்பட்டிருக்கவேண்டும் என்று கருதப்படுகிறது. டர்க் ப்ரௌவர் (Dirk Brouwer) என்பவரின் ஆராய்ச்சியிலிருந்து இது கிட்டத்தட்டப் புவியின் பொருண்மையையே உடையதாகும் என்று தெரிகிறது. இந்த மதிப்பை G. P. கைப்பரின் பரிமாணத்தைப்பற்றிய ஆராய்ச்சியோடு சேர்த்துப் புளூட்டோவின் அடர்த்தியைக் கண்டுபிடிக்கையில்—இதன் சராசரி அடர்த்தி தண்ணீரைப்போன்று 50 மடங்குகள் என்று கிடைக்கின்றது. ஆனால், இது இயலாத ஒரு நிலையாகும். ஏனென்றால், புளூட்டோவில் உள்ள அழுத்தத்தை உடைய எப்பொருளும் இவ்வளவு அடர்த்தியை உடையதாக இருக்காது. தவறு எங்குள்ளது என்று தெரியவில்லை. ஆனால், நிச்சயமாக இந்த மதிப்பீட்டில் தவறு இருக்கின்றது என்பது உண்மை. புளூட்டோவின் பொருண்மையையோ அதன் பரிமாணத்தை அளக்கும்பொழுதுதான் தவறு ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும் என்று நினைக்கலாம். ஏனென்றால், புளூட்டோவின் பரிமாணத்தை நிர்ணயிக்கும்பொழுது ஒரு முக்கியமான இடையூறு ஏற்படலாம். புளூட்டோ மிகவும் பளபளப்பாக்கப்பட்ட ஒரு பந்துபோல் இருந்தால் அப்பொழுது அந்தப் பந்தைப் பார்க்க முடியாது. நடுவில் ஒரு மிக வெளிச்சமான புள்ளியைத்தான் காணமுடியும். இந்த விளைவை ஒரு பளபளப்பான இரும்புப் பந்தை ஞாயிற்றிற்கு நேராகப் பிடித்துப் பார்த்தால் அறிந்து கொள்ளலாம். புளூட்டோ ஏன் ஒரு பளபளப்பான பந்துபோல் இருக்க வேண்டும் என்பது புதிராகத்தான் இருக்கின்றது.

துணைக் கோள்கள் (The satellites)

ஞாயிற்றிலிருந்து வெளிப்புறமாகச் சென்றால் துணைக்கோளை உடைய முதல்கோள் புவியாகும்—இது சந்திரனைத் துணைக்

கோளாக உடையது. இதற்குப் பிறகு இருப்பது செவ்வாய். இதற்கு இரண்டு துணைக்கோள்கள் உள்ளன. இவை இரண்டும் நம் சந்திரனைவிட மிகச் சிறியவைகளாகும். ஆனால், சந்திரனை மற்றப் பெரிய கோள்களின் துணைக் கோள்களோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் பொழுதும் அது கணிசமான அளவில் பெரியதாகவே இருக்கின்றது. வியாழனில் உள்ள 12 துணைக்கோள்களில் இரண்டு மட்டுமே சந்திரனைவிட அதிகப் பொருண்மை உடையனவாக இருக்கின்றன. சனியின் 9 துணைக்கோள்களில் ஒன்றுதான் சந்திரனைவிட அதிகப் பொருண்மையை உடையதாகும். யூரேனஸின் 5 துணைக்கோள்களில் ஒன்றுகூடச் சந்திரனுக்கு ஈடாக இல்லை. நெப்டியூனின் ஒரு துணைக்கோளை மட்டும் சந்திரனோடு ஒப்பிடலாம். சூரியக்குடும்பத்தின் பெரிய துணைக்கோள்களின் பொருண்மைகளும் அடர்த்திகளும் பின்வருமாறு கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

கோள்	துணைக்கோள்	பொருண்மை சந்திரனோடு ஒப்பிடும் வகையில்	சராசரி அடர்த்தி
புவி	சந்திரன்	1·00	3·33
வியாழன்	ஐயோ (Io)	0·99	4·03
	யூரோப்பா (Europa)	0·64	3·78
	கனிமேட் ((Ganymede)	2·11	2·35
	காலிஸ்டோ (Callisto)	1·32	2·06
சனி	டைடன் (Titan)	1·92	2· 4
நெப்டியூன்	டிரைடன் (Triton)	1·08	2(?)

இதில் முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டியது, பொருண்மையின், சந்திரனை மூல அளவாக வைத்து கொடுக்கப் பட்டிருப்பது ஆகும்; புவியை மூல அளவாகக் கொள்ளவில்லை (81, 88 ஆம் பக்கங்களில் உள்ள அட்டவணைகளில் உள்ளதுபோல்). சந்திரனின் பொருண்மை புவியின் பொருண்மையில் 1·23 சதவீதமாகும். மிகவும் சிறிய கோளான புதனின் பொருண்மை புவியின் பொருண்மையில் 5·43 சதவீதமாகும். ஆகையினால் துணைக்கோள்களின் பொருண்மைகள் கோள்களின் பொருண்மைகளோடு நன்றாகப் பொருந்தியிருக்கின்றன. ஆனால், எந்தத் துணைக்கோளின் பொருண்மையும் புதனைப்போல் அவ்வளவு அதிக அளவில் இல்லை.

சந்திரனின் சராசரி அடர்த்தியைக் கொண்டு அது முழுவதும் பாறைகளினால் ஆக்கப்பட்டது எனக் கூறலாம். இந்தப் பாறைகள் புவியின் மேற் போர்வைகளில் உள்ள பாறைகளைப் போன்றன

வாகும். ஐயோ, யூரோப்பா ஆகிய துணைக்கோள்களின் கூட்டமைப்பு செவ்வாயைப் போன்றதாகும். 20 சதவீத இரும்பு இருப்பதாக வைத்துக்கொண்டால் நாம் இந்தத் துணைக்கோள்களின் அடர்த்தியைப் பற்றி ஒரு விளக்கம் கொடுக்கலாம். இந்த நிலைகளில் பாறை, இரும்பு இவைகளின் கூட்டு தேவைப்படாது காரணம், ஏனென்றால், எந்தப் பாறையும் இந்தத் துணைக்கோள்களுக்கு ஏற்றபடி குறைந்த அடர்த்தியை உடையதாக இருக்க முடியாது. நாம் கண்ட அளவில் அடர்த்தி இருக்க வேண்டுமானால் லேசிய அளவு தண்ணீர், அம்மோனியா, கார்பன்டை ஆக்ஸைடு போன்ற பொருள்கள் இருக்கவேண்டும். இந்த அடிப்படையில் ஒரு குறிப்பிடக்கூடிய உண்மை யாதெனில் இந்தத் துணைக்கோள்களின் அடர்த்தி, இவைகளின் மூலக்கோளான ஜூபிடரை விட்டுத் தொலைவாக அமைந்தால், இது குறைந்து விடுகின்றது என்பதாகும். இந்தப் போக்கின் முக்கியத்துவம் அடுத்த அத்தியாயத்தில் தெளிவாகும்.

சந்திரனின் நிலையைப் பற்றி விரிவாகக் கூறவேண்டும். சந்திரனில் பாறையை புவியின் மேற்புறங்களில் உள்ளதுபோல் இலேசான பாறைகளாக இருந்தாலன்றிச் சந்திரனில் இருக்க முடியாது. புவியும், சந்திரனும் கிட்டத்தில் தான் உருவாகியிருக்க வேண்டும். அப்படியானால் புவியில்மட்டும் 30 சதவீதம் இரும்பு இருப்பது ஏன்? சந்திரனில் சிறிது கூட இரும்பு இல்லாதிருப்பது ஏன்? இந்தக் கேள்விக்கு விடை கொடுப்பது கடினமாக இருப்பதால் நாம் மறு கருத்தை ஏற்றுக்கொள்ள வேண்டியதாகிறது— அதாவது சந்திரனின் பாறைகள் புவியின் பாறைகளைப் போல் இலேசானவை என்பதும் இவைகளின் அடர்த்தி 27 என்பதுமாகும். இப்படியானால் சந்திரனில் 30 சதவீதம் இரும்பு இருக்கலாம். அப்பொழுது இதன் கூட்டமைப்பு இரசாயன நிலையில் புவியைப் போன்றே இருக்கும்.

சந்திரன் பெரும்பாலும் ஓர் இலேசான பாறையினால் ஆக்கப்பட்டது என்ற உண்மை நேரிடையாகக் காணப்பட்ட இதனுடைய ஒரு தன்மையுடைய அச்சு அமைவில் இருக்கின்றது. புவியின்மேல் அடுக்கில் (mantle) உள்ள திண்மையான அடர்த்தியாக உள்ள பாறைகளால் காய்ச்சப்பட்டு மேற்புறம் வந்து சேரும் இலேசான உருவாக்கப்பட்ட பாறைகளினால் எரிமலைகள் ஏற்படுகின்றன என்று இரண்டாம் அத்தியாயத்தில் பார்த்தோம். சந்திரனின் உள்ள பாறைகள் இலேசானதாய் இருந்தால், [illegible] முற்றாகவேயாக இருக்கும்.

சந்திரனில் எரிமலை சம்பந்தப்பட்ட நிகழ்ச்சிகள் இல்லாதிருப்பதற்கு ஒரு மாறுபட்ட விளக்கமும் உள்ளது—சந்திரனின் உட்புறம் முற்றிலும் திண்மையான பாறையினால் ஆக்கப்பட்டிருக்கலாம். அப்படியானால் சந்திரனில் கதிரியக்க விளைவுகளினால் ஏற்படும் வெப்பம் அதன் வெப்பம் அதன் உட்புற வெப்பநிலையை 1,500° C அளவிற்கு மேல் அதிகரிக்க இயலாது. ஏனென்றால், சந்திரனில் ஏற்படும் அழுத்தங்களில் உருகும் நிலைகள் (melting points) சோதனைக் கூடங்களில் உள்ள மதிப்புகளை விட அதிக வித்தியாசமாக இருக்க முடியாது. (இரும்பில் 1,500° C, பலவகைப்பட்ட பாறைகளில் 900° C இலிருந்து 1800° C வரையில் இருக்கலாம்). இது மூன்றாவது அத்தியாயத்தில் உட்புறம் கதிரியக்க விளைவுகளினால் சூடாக்கப்பட்டது என்ற உண்மை ஒரு முக்கியமான கருத்தாகாது என்பதை உறுதிப்படுத்துவதாகும்.

சந்திரனில் உள்ள எரிமலை வாய்களின் தோற்றம் (The origin of the lunar craters)

சந்திரனின் எரிமலை சம்பந்தப்பட்ட விளைவுகள் இன்றி இல்லாததினால் சந்திரனின் எரிமலை வாய்கள் (craters) இவைகளினால் (எரிமலைகளினால்) ஏற்பட்டன என்ற பழைய கோட்பாட்டைக் கைவிட வேண்டியதாகும். இது நல்லதொரு கூற்றாகும். ஏனென்றால், எரிமலை வாய்கள் ஏன் மிகப் பெரிதாக இருக்கின்றன, மிகவும் அதிகமாக உள்ள இதன் அளவு 130 மைல்கள் விட்டமுடையதாகும், என்பதை இந்த எரிமலைக் கோட்பாட்டால் விளக்கம் கூற முடியாது. மேற் குறிக்கப்பட்ட அளவு புவியில் உள்ள எரிமலை வாயின் அளவைவிடப் பத்து மடங்குகள் அதிகமாகும். எரிமலை வாய்களைச் சில பெரியதாகவும், சில சிறியவைகளாகவும் மேற்புறத்தில் நிரம்பியுள்ள சந்திரனின் தோற்றம் எப்படி உள்ளது என்பதை பிளேட் VIII-ல் கொடுக்கப்பட்ட ஒளிப்படத்திலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம்.

சந்திரனில் நேரடியாக விழுந்த பொருள்கள் மேற்புறத்தில் அதிக வேகத்தோடு, ஒரு நொடிக்குப் பல மைல்கள் வேகத்தில், தாக்கியிருக்க வேண்டும். சந்திரனின் மேற்புறத்தில் இந்த வேகத்தில் விழும் ஒரு பொருளின் (அல்லது புவியில் இவ்வாறு விழுந்தாலும் சரியே) வேகம் அது மேற் புறத்தில் மோதும் சமயம் தடைபடாது. அதற்கு மாறாக, ஒரு ரவை ஒரு மரக்கட்டையை ஊடுருவிச் செல்வதுபோல், சிறிது தூரம் ஊடுருவிச் செல்லும். ஒரு சாதாரணத் துப்பாக்கி இரவை மரக்கட்டையை ஒரு பக்கம் துளைத்துச் செல்லும். ஆனால் மிகவும் அதிக வேகத்தில் செல்லும் ஒரு எறிபடை (missile) எதிரே தடையாக நிற்கும் ஒரு பொருளைத்

தகர்த்து விடும்—பொருளைத் துளைத்துச் செல்லப் போதிய நேரம் இருக்காது! ஓர் எறிபடை சந்திரனுள் நுழையும்பொழுது சந்திரனின் மேற்புறத்தில் மோதும் இடத்தில் உள்ள பாறைகள் தரை மட்டத்திற்கு நசுக்கப்பட்டு விடும். இது ஒரு திண்மையான பொருளை அதிக வெப்பத்தை உடைய ஒரு வாயுவாக மாற்றிவிடும். இந்த வாயு எறிபடைக்கு முன் துரத்தப்படும் ஒரு வாயு சூழகமாக (pocket) மாறிவிடும். இந்தச் சூழகத்தில் மேலும் மேலும் வாயு சேர்ந்து கடைசியாக அழுத்தம் போதிய அளவு அதிகரித்து எறிபடையை மேற் செல்ல விடாமல் நிறுத்திவிடும். இந்த நிலை ஏற்படுவதற்குள் அதிக அழுத்தத்தில் இருக்கும் வாயு சூழகம் சந்திரனின் மேற்புறத்திலிருந்து அநேக மைல்கள் கீழாக இருக்கும். இதற்கு அடுத்த நிலை தெளிவாக இருக்கின்றது. மேற்புறத்திலிருந்து பல மைல்கள் கீழே உள்ள (உட்புறம்) ஒரு அதிக அழுத்தம் மிக்க வாயுச்சூழகம் தகர்க்கக் கூடிய ஒரு வெடி நிலையை அடைகின்றது. இவ்வாறு வெடித்தால் ஓர் எரிமலைவாய் ஏற்படுகின்றது.

இதற்கு ஒரு சிறந்த ஆதாரமாக R. B. பால்டுவின் (R. B. Baldwin) என்பவரால் கொடுக்கப்பட்ட படம் 3 உள்ளது. இது எரிமலை வாய்களின் ஆழங்களையும் இவைகளுக்கு ஏற்ற விட்டங்களையும் காட்டுகின்றது. வளைக் கோட்டின் அடிப்பாகத்தில் உள்ள புள்ளிகள் புவியில் வெடிகுண்டுகளினாலும் இதர வெடிப்புகளினாலும் ஏற்பட்ட குழிகளைக் குறிக்கின்றன. ஈ என்ற குறியீடுகள் புவியின் மேல் வெளியேயிருந்து வந்து மோதிய எறிபடைகளினால் ஏற்படுத்தப்பட்ட குழிகளைக் குறிக்கின்றன. (பிரசித்தி பெற்ற அரிஜோனா குழி (Arizona crater) இவைகளுள் ஒன்றாகும்) வளை கோட்டின் மேல் பக்கத்தில் உள்ள புள்ளிகள் சந்திரனின் எரிமலை வாய்களைக் குறிக்கும். இவ்வாறு பல வகையில் ஏற்பட்ட குழிகளும் ஒரு வளைக் கோட்டில் நன்றாகப் பொருந்தி இருப்பதால், இது சந்திரனின் எரிமலைவாய்கள் ஒரு வெடிப்பினால்தான் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும் என்று ஐயமற உணர்த்துகின்றது.

ப்ளேட் IX-ல் கொடுக்கப்பட்ட முழு சந்திரனின் ஒளிப்படத்தில் கொடுக்கப்பட்ட பிரகாசமான கதிர்களின் மூலத்திலிருந்து நம் நெருக்குக் கோட்பாட்டிற்கு (impact theory) ஒரு சிறந்த ஆதாரம் கிடைக்கின்றது. இந்தக் கதிர்கள் தாம் தெளிவாகத் தெரிகின்ற எரிமலை வாய்களிலிருந்து வெளிப்புறமாக வீசுகின்றன. ப்ளேட் IX-ல் காட்டப்பட்டுள்ள டைகோ (Tycho) என்ற எரிமலை வாயிலிருந்து வெளி வீசும் ஒளி பொருந்திய கதிர்கள், சில இடங்களில் நாம் காணக்கூடிய வகையில் இருக்கும். அரைக்

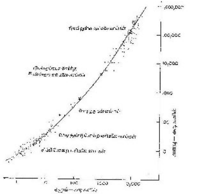
கோளம் முழுதிலும் குறுக்காகப் பாய்கின்றது. இந்த ஒளி பொருந்திய கதிர்கள் வாயு-போன்ற இளகிய (fused) பொருள்களின் தாரைகளாக இருக்கலாம். இவை இந்த எரிமலைவாய்கள் உண்டாவதற்குக் காரணமாக உள்ள வெடிப்புகளிலிருந்து வெளிப்பட்டவை யாகும்.

கறுப்பு நிறமான துண்டுப் பகுதிகள் ஒரு வட்டவடிவில் இருப்பதை பிளேட் IX நன்றாகக் காட்டுகின்றது. இந்தக் கருமையான துண்டுப்பகுதிகள் சந்திரக் கடல்களை (lunar seas) அதாவது மேரியா (maria)வைக் குறிக்கின்றன. இவை நீர் கடல்கள் அல்ல என்று தெரிவதற்கு முன்பு இவ்வாறு அழைக்கப்பட்டன. அநேக வானநூல் அறிஞர்கள் இந்த மேரியா நெருக்கும் நிலையினால் ஏற்பட்டவை என்றும் கருதுகின்றனர். ஆனால் இவை எரிமலை வாய்கள் ஏற்படுவதற்கான பொருள்களை விடப் பெரிய பொருள்களின் மோதலினால் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். அதாவது நூறு மைல்கள் விட்ட அளவை உடைய தகுந்த கோளணுக்களால் (Planctosimals) ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும்.

அடிக்கடி இரண்டு எரிமலை வாய்கள் ஒன்றை ஒன்று குறுக்கிட்டு நிற்கின்றன என்பதை பிளேட் VIII-ல் பார்க்கலாம். இவ்வாறு ஏற்படும்பொழுது ஒரு பெரிய எரிமலை வாயின் சுவர் உடைக்கப்படும். சிறிய எரிமலை வாய் முழுதாக (உடைக்கப்படாமல்) இருக்கும். இதற்குக் காரணம், பெரிய எரிமலை வாய்கள் ஏற்பட்டிருக்கலாம் என்று கூறலாம். ஆனால், ஏன் பெரிய எறிபடை சந்தர்ப்பங்களிலும் முதலில் விழுந்திருக்க வேண்டும்? இந்தக் கேள்வி பார்ப்பதற்குப் பொருத்தமற்றது போல் தோன்றினாலும் இதற்கு ஒரு வகையில் விடை அளித்து விடலாம். அதாவது பெரிய எறிபடை இரண்டாவதாக விழுந்தால் அப்பொழுது இது பழைய எரிமலை வாய்களில் சிறிய எரிமலை வாயை அழித்துவிடும். இது இரட்டை எரிமலை வாய்களில் சிறிய எரிமலை வாய் முதலில் உண்டாயிற்று என்பதற்கு ஒரு திட்டமான நிலையை உருவாக்குகின்றது. ஆனால் இந்தக் கருத்தை எல்லா உண்மைகளையும் விளக்கப் பயன்படுத்தலாம் என்பதை நான் நம்பவில்லை. இந்த வாதம் மிகவும் வலுவானது என்பது தெளிவாக இருந்தாலும், அநேக தருணங்களில் சிறிய எரிமலைவாய்கள் பெரிய எரிமலை வாயின் சுவர்களின் மேல் பொருந்தியதாகவோ அல்லது பெரிய எரிமலை வாய்களின் மையக் கூம்பின் மேல் பொருந்தியதாகவோ இருக்கின்றன. ஆகையினால் இதை இவ்வாறு முடிவாக விளக்கி விட முடியாது. இம்மாதிரியான அமைப்புகளை பிளேட் X-ல் உள்ள நிழற்படத்தில் கொடுக்கப்பட்ட உருவங்களை நன்றாக ஆராய்ந்து அறியலாம்.

இவை சிதைபொருட் குமிழ்மாடங்களில் (domes of rubble) நகர்வில் ஏற்பட்டிருக்கலாம் என்று தோன்றுகிறது. வெடித்த பிறகு சில வாயுக் குமிழ்கள் சிதை பொருளில் தங்கியிருந்தால் இவ்வாறு ஏற்படலாம், மூல எரிமலை வாயின் உருவாக்கத்திற்கான வெடி நிகழ்ச்சிப் பிறகு இவ்வாறாகலாம்.

பிளேட் VIII-ஐத் தற்செயலாக ஒரு முறை பார்த்தாலும் மேரியாவில் தனிப்பட்ட எரிமலை வாய்கள் ஒன்றும் கிடையாது



படம் 8. எரிமலை வாய்களின் விட்டங்களும் ஆழங்களும்
(R. B. பால்ட்வின்)

என்பது தெரியும். இதற்குக் காரணம் மேரியாவை உருவாக்கிய பெரிய பொருள்கள் கடைசியாகச் சந்திரனில் விழுந்துவிட்டவை யனவாம். இதை ஹெரால்டு யூரே என்பவர் எடுத்துத் தெரிவித்தார். இவர், மேரியாவை, மோதிய பொருள்களின் வேகத்திலும் உருகிய எரிமலைக் குழம்பின் பெருக்கம் என்று நம்புகிறார். இந்த எரிமலைக் குழம்பில் இரும்பு கலந்தபடு முக்கியமான பொருளாக இருக்கலாம் என்றும், இதனால்தான் மேரியா ஒரு குறிப்பான கருமை நிறத்தை உடையதாகும் என்று இவர் கருதுகிறார்.

பேராசிரியர் யூரேயின் வாதங்கள் பெரும்பாலும் மதிப்பிற்குரியதாக இருந்தாலும், இவை சரியா என்பது பற்றி எனக்கு மிகவும் ஐயப்பாடாக இருக்கின்றது. மேரியாவில் கடைசியாகச் சேர்ந்த பொருள்களினால், மேரியாக்கள் உண்டாக்கப்பட்டன என்ற கருத்து பொருத்தமற்றதாக இல்லாததோடு, சந்திரனின் மேற்புறத்தோடு வேகமாக வந்து மோதும் எறிபடைகளினால் திரவ ஆக்கம் ஏற்பட்டிருக்கலாம் என்று சொல்வதும் நான் நம்பக் கூடியதாய் இல்லை. சந்திரனின் மேற்புறம், மோதல் ஏற்பட்ட இடத்தில் நீரியாவதில்லை; வாயு வாகலாம், மேரியாவை உண்டாக்கிய எறிபடைகளின் மீதர் வேகங்கள், மேற்கொள்ளப்படாத வாயுவை உண்டாக்குவதற்கு, போதிய அளவு அதிகமாக இல்லையென்றும், மோதும் பொருள்களினால் கணிசமான அளவில் திரவம் உண்டாகுமா என்பது எனக்கு ஐயப்பாடாக இருக்கின்றது. மரத்தினால் கட்டப்பட்ட ஒரு ரம்பை மரத்தைத் திரவமாக்கி விடுவதில்லை. மரத்தின் நாரியற் பொருளை (fibre structure) அழிப்பதிலேயே அதன் ஆற்றல் இறந்து விடுகின்றது. இதேபோல் சந்திரனின் மேற்புறத்தில் குறைந்த வேகத்தில் விழும் ஓர் எறிபடை (இது நடப்பதாக இருந்தால்) சந்திரனின் மேற்புறத்திலுள்ள பாறைகளின் படிக உருக்கலை (crystal structure) உடைத்துவிடும். இதனால் தன் ஆற்றலை இழந்துவிடும். நீர் ஆக்கி ஆற்றலை இழக்காது. மேரியா உண்மையில் எரிமலைக் குழம்பின் பெருக்கானால், இது சந்திரனின் உட்புறத்திலிருந்து தான் வந்திருக்க வேண்டும்.

மேரியாவைப் பற்றித் தெரிந்துகொள்ள ஒரு முக்கியமான வழி அவைகளின் மேற்புறத்தை ஆராய்ந்தால் நமக்குக் கிடைக்கும். மேரியாவில் குறிப்பிடத்தக்க எரிமலைவாய்கள் இல்லை என்றாலும், அநேக இடங்களில் பெரிய எரிமலை வாய்களின் வட்ட வடிவங்கள் இலேசாகக் காணப்படுகின்றன. அநேக இடங்களில் எரிமலைவாய்களின் சுவரின் ஒரு பகுதி மேரியாவை விட்டு வெளியே குத்தி நிற்கின்றது. 'மூழ்கிய' இவ்வாறான எரிமலைவாய்கள் எப்படி ஏற்பட்டன? இவை மேரியாவிற்கு முன்பு ஏற்பட்டிருக்க முடியாது அப்படி இருந்தால் இவை முற்றிலும் அழிக்கப்பட்டிருக்கும். இவை மேரியாவிற்குப் பிறகு ஏற்பட்டிருந்தால், பெரிய எறிபடைகள், மேரியா உருவான பிறகு இதன்மேல் விழுந்திருக்கவேண்டும் என்பதை ஒத்துக்கொள்ள வேண்டும். ஆகையினால், பழையபடி மூழ்கிய எரிமலைவாய்கள் ஏன் தெளிவாகக் காணப்படவில்லை என்ற பிரச்சினையை விளக்குவது கடினமாகி விடுகின்றது. பின்னால் விழுந்த பொருள்கள் மேரியா உருகிய நிலையில் இருக்கும்பொழுதே இதில் விழுந்திருக்கலாம் என்ற கருத்துத் தெரிவிக்கப்பட்டது.

ஆனல், எரிமலைவாய்களை உருவாக்கிய வெடி நிலையிலுள்ள வாயு ஆக்கத்தைப் பற்றி ஒன்றும் கூறமுடியாது. இந்த வழியில் நாம் சொல்லக்கூடியது யாதென்றல் உருகிய மேரியாவினல் உண்டாக்கப்பட்ட எரிமலைவாய்கள் உருகிய சுவர்களை உடையவையாயிருக்கும் என்றும் இந்தச் சுவர்கள் பெருக்கெடுத்து விடலாம் என்பதுமாகும். ஆனல் இவ்விடத்தில் இந்த வாதம் முறிவடைந்துவிடுகிறது. ஏனென்றல், மேரியாவின் தரை மட்டத்திலிருந்து நீட்டிக்கொண்டு நிற்கும் எரிமலைவாய்களின் சுவர்கள் சாதாரணமாகவும், மேரியாவிற்கு வெளியே உள்ள எரிமலைவாய்களின் சுவர்களைப் போன்றும் உள்ளன.

எனக்குத் தெரிந்தவரை ஒரே ஒரு கருத்துத்தான் இந்த நிலையை விளக்கக் கூடியதாக இருக்கின்றது. இது பேரண்டத்தின் இயல்பு என்ற நூலில் நான் கொடுத்துள்ளபடி, கோல்ட் (Gold) என்பவருடைய கருத்தாகும். இந்தக் கருத்துப்படி மற்ற இடங்களிலுள்ளபடியே மேரியாவிலும் அதே எண்ணிக்கைகளின் எரிமலை வாய்கள் காணப்படுகின்றன. 'மூழ்கியுள்ள' எரிமலை வாய்கள் இதற்கு உதாரணங்களாகும். இவை முற்றிலும் சாதாரணமாக உள்ள எரிமலை வாய்களாகும். மூழ்கடிக்கும் பொருள் மேரியாவில் அதிக ஆழத்திற்குத் தங்கியுள்ள மெல்லிய தூசுகளாகும், எரிமலைக் குழம்புகளல்ல. மூழ்கியுள்ள எரிமலை வாயின் சுவர் நன்ருகக் காணப்படுவது இத் தூசுகளினின்றும் வெளிப்பட்டு நிற்கும் சுவர்களேயாகும். மேரியாவின் மட்டத்திலிருந்து ஒரு பொருள் வெளியே எழும்பினல் அதன் சாய்மானம் படிப்படியாக அதிகரிப்பதில்லை என்பது ஆதரவு அளிக்கக்கூடிய உண்மையாகும். இந்தப் பொருள் ஒரு கடலிலிருந்து வெளிப்பட்டுக் காணப்படும் ஒரு செங்குத்தான பாறை போல திடீரென வெளிப்பட்டுக் காணப்படுகிறது.

ப்ளேட் IX-ல் தெளிவாகக் காணப்படும் இரண்டு எரிமலை வாய்கள் ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பதற்குச் சிறந்ததாகும். இவை சந்திரனின் மேட்டு நிலங்களில் உள்ள மேரியாவினின்றும் அப்பால் உள்ள டைகோ (Tycho)வும், மேரியாவிலுள்ள கோபர்நிகசும் (Copernicus) ஆகும். டைகோ உட்புற அமைப்பில் நன்ருகச் செதுக்கப்பட்டும் வெளிப்புறத்தில் அதன் கதிர் வெளிச்சமாகவும் நேராகவும் உள்ளதாகும். கோபர்நிகஸ் மேல்தளத்தை உடைய உட்புற அமைப்பும் டைகோவைவிட தெளிவானதும், குறைந்த வெளிச்சத்தை உடையதுமான கதிர் அமைப்பையும் உடையதாகும். இருந்தாலும் இவை இரண்டும் பரிமாணத்தில் ஒப்பிடக்கூடியவைகளாக இருப்பதினல் இவை ஒப்பிடக்கூடிய

வெடிகளினால்தான் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். அப்படியானால் இந்த அமைப்புகளின் வித்தியாசங்களுக்குக் காரணம் என்ன? இயல்பாகச் சொன்னால் டைகோவின் உருவாக்கத்திற்கான வெடி. திண்மையான பாறையிலும், கோபர்நிகஸின் ஆக்கத்திற்கான வெடி தூசும், பாறையும் கலந்த ஒரு கூட்டுப் பொருளிலும் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும்.

கோல்டு என்பவர் கூடச் சந்திரனில் தூசு எப்படி ஏற்படுகின்றது என்பதையும் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு எப்படி இது கடத்தப்படுகின்றது என்ற பிரச்சினையையும் ஆராய்ந்திருக்கின்றார். சந்திரனுக்கு வளி கிடையாதாகையினால் அதன் மேற்புறம் அல்ட்ரா-வயலட் ஒளிகளினால் இடைவிடாது தாக்கப்படுகின்றது. ஞாயிற்றிலுள்ள எக்ஸ் கதிர்களினாலும் இது தாக்கப்படுகிறது. இதனால் மேற்புறத்தில் கோடியான பகுதிகளில் உள்ள பாறைகளின்படி உருக்கள் (crystal structure) உடைந்து இதிலிருந்து சிறிய துண்டுகள் பிரிந்து வெளியேறும். இந்தத் துண்டுகள் சந்திரனின் மேற்புறத்தின் கீழ்ப் பகுதிகளுக்கு எடுத்துச் செல்லப்படும் என்று நம்பப்படுகின்றது. உண்மையாக இந்த இடத்தில் தான் மேரியா காணப்படுகிறது. இது மின்சார விசைகள், ஈர்ப்பு விசைகள் ஆகிய இவைகளின் கூட்டுத் தாக்குதலினால் ஏற்படுகின்றது.

இதோடு சந்திரனின் ஆக்கப் பொழுதில் மெல்லிய தூசுகள் ஏராளமாகச் சந்திரனோடு சேர்க்கப்பட்டிருக்க வேண்டும் என்பதையும் கவனிக்கவேண்டும். சந்திரனின் மேற்புறத்தில் இப்பொழுது நாம் காணும் தூசுகள் பெரும்பாலும் ஊழிக்காலத் தூசுகளாக இருக்கலாம். சந்திரனின் ஆக்கத்தின் கடைசிக் கட்டத்தில் பொழியப்பட்ட மிகச் சிறிய துகள்களாகும்.

சந்திரனின் மேற்புறப் பாறைகள் புவியின் மேற்புறப் பாறைகள் போல் நிறமுடையனவாக இல்லை. ஒரு சிறிய தொலை நோக்கி மூலம் பார்த்தால் சந்திரன் சலிப்பைத் தருகிற ஒரு சாம்பல் நிறப் பொருளாகக் காணப்படுகிறது. இது, ஞாயிற்றிலிருந்து அல்ட்ரா வயலட் ஒளி வருவதினால், நிறங்கள் அழிக்கப்பட்டு இவ்வாறு காணப்படுகின்றது என்று சொல்லலாம்.

நிறமற்ற, உயிரற்ற, மற்றும் உலர்ந்த சந்திரனின் மேற்புறத்திலிருந்து, புவி ஒரு காலத்தில் எப்படி இருந்தது என்பதைப் பற்றி ஒரு விளக்கமான தகவலைப் பெறலாம். புவி அதன் வளியையும், கடல்களையும் உருவாக்குவதற்கு முன்பு, சந்திரனைப் போன்று ஒரு

உயிரற்ற, சாம்பல் நிற ஒருடைய பந்துபோல் வான வெளியில் சுற்றிச் சுற்றி வந்திருக்க வேண்டும். கடல்களும், வளியும் ஏற்பட்டபிறகு புவியின் மேற்புறத்தில் ஒரு வியக்கத்தக்க மாற்றம் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். புவியில் பழைய வடுக்கள் (scars) அழிந்து நீக்கப்படும். வளி, மேற்புறத்தை, அல்ட்ரா-வைலட் கதிர்களின் கெட்ட விளைவுகளிலிருந்தும் தடுத்துவிடும். இதனால் திரள்கள் தோன்றும் மழை பொழிந்து, ஆகாயத்து புவியில் உயிரினங்களை உண்டாக்கிவிடும். இவ்வாறு தான் படிப்படியாக உயிரினங்கள் தோன்ற ஆரம்பித்தன.

6. கோள்களின் தோற்றம்

(The Origin of the Planets)

ஆயிரம் கோடிக்கணக்கில் உள்ள கோள்கள்

நாம் வாழும் இடம் எப்படி உண்டாயிற்று என்று இயற்கையாகவே நமக்கு ஏற்படும் ஆவலைத் தீர்ப்பதுடன், கோள்களின் துவக்க நிலைமையைப்பற்றிய ஆராய்ச்சி, பேரண்டத்தில் ஞாயிறு போன்ற அமைப்புகள் எவ்வளவு ஏராளமாக இருக்கின்றன என்பதைத் தெளிவுபடுத்தவும் உதவும். இந்தப் பிரச்சினையை இதற்கு முன்பு ஒரு முறை ஆராயும் பொழுது [1] பால் மண்டலத்திலுள்ள விண்மீன்களில் நம்முடைய கோள்களின் அமைப்பைப் போன்று ஒரு மில்லியன் கோள் - அமைப்புகள் (Planetary systems) இருக்கலாம் என்று முடிவுகண்டேன். இந்த அத்தியாயத்தில் கொடுக்கப்படும் காரணங்களிலிருந்து மேற்சொன்ன மதிப்பீடு திருத்தப்பட வேண்டும் என்பதை அறியலாம். இதனால் கிடைக்கும் மதிப்பீடு வெறும் 1 மில்லியன் அல்லாமல் 100,000 மில்லியன்கள் ஆகும்.

சுருக்கமாகச் சொன்னால், ஞாயிறு ஓர் இரட்டை-விண்மீன் தொகுதியின் உறுப்பினர்—அதாவது இரண்டு விண்மீன்கள் ஒன்றை ஒன்று சுற்றிவரும் அமைப்பு என்பதே என்னுடைய முந்திய கருத்து. மற்றும், ஞாயிற்றின் துணைப்பகுதி மிகவும் கொடியதாக வெடித்து, இதனால் பொருட் சிதைவு ஏற்பட்டு, ஞாயிற்றை விட்டு அப்பால் எறியப்பட்டு ஒரு சிறு பகுதியுடன் மட்டும் ஞாயிறு ஒட்டிக் கொண்டிருக்கின்றது என்று கருதப்பட்டது. இந்தத் துரும்பளவுள்ள பொருள் ஞாயிற்றைச் சுற்றி வட்டமாகப் படர்ந்து, இந்த வட்டப்பகுதியில் நீர்க்குளிர்வு (Condensation) ஏற்பட்டுக் கோள்களாக வளர்ந்தன என்பதாகும்.

[1] The Nature of the Universe.

புவியின் பொருள் ஒரு வெடித்த விண்மீனிலிருந்து— ஸைப்பர் நோவா (supernova)—ஆக்கப்பட்டது என்ற கருத்திற்குச் சிறந்த ஆதாரம் இருக்கின்றது என்பதை அத்தியாயம் 12-ல் கண்டோம். ஓர் இரட்டைத் தொகுதியில் ஞாயிறின் துணைப் பகுதியாக ஸைப்பர் நோவா இருந்திருக்கலாம் என்பதற்கு ஆதாரம் போதிய அளவில்லை. ஞாயிறு ஒரு முழு விண்மீன் தாரை (shower of stars) யிலிருந்து தோன்றியிருக்க வேண்டுமென்றும், ஸைப்பர் நோவாக்கள் இந்தத் தாரையைச் சேர்ந்தவைகளாக இருக்கலாம் என்றும் கருதலாம். இதற்கான ஆதாரங்கள் அத்தியாயம் 15-ல் ஆராயப்படும்.

இந்தப் புதிய கருத்தானது பழைய கருத்திலிருந்து வெகுவாக மாறுபட்டதாக இல்லாவிட்டாலும் இதற்குள்ள காரணங்கள் மிகவும் மாறுபட்டுள்ளவையாகும். விண்மீன் தாரை வாயுமேகங்களால் ஆக்கப்பட்டிருக்கவேண்டும். இந்த மேகங்களிலிருந்து தான் விண்மீன்கள் சுருங்கித் தோன்றியிருக்கவேண்டும். மிகவும் கடுமையான சிதைவு காரணமாக ஸைப்பர் நோவாக்கள் வெளியேற்றிய வாயுக்களிலுள்ள, ஸைப்பர் நோவாவின் பொருள், இந்த மேகங்களில் அதிக அளவில் இருக்கும் ஹைட்ரஜனுடன் கலந்து விண்மீன் உற்பத்தி ஏற்பட்டிருக்கவேண்டும். இதனால், ஞாயிறும், கோள்களும் இந்தப் பொருளின் கலப்பினால் எப்படி ஏற்பட்டன என்பதை விளக்குவதே நம்முடைய பிரச்சினையாகும். ஆதலால், ஸைப்பர் நோவாவிலிருந்து கிடைத்த புவியின் பொருள் எப்படி மறுபடியும் பிரிக்கப்பட்டு அதிக அளவில் ஹைட்ரஜனுடன் சேர்க்கப்பட்டது என்பதை விளக்க வேண்டும்.

இந்தப் பிரச்சினையை எடுத்துக்கொள்ளும் முன்பு இன்னும் முக்கியமான இடர்ப்பாட்டினை அகற்றவேண்டும். அதாவது, ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தின் தொடக்கத்தையும், மற்றும் ஞாயிறு, கோள்கள் இவற்றின் உற்பத்தியைப் பற்றிய, விண்மீன்களின் வாயுப் பொருள்களிலிருந்து சுருங்கலின் விளைவாக ஏற்பட்டன என்ற அடிப்படையில் அமைந்த கோட்பாடுகளில் உள்ள இடர்ப்பாடுகளைப்பற்றித் தெளிவாக்கவேண்டும். உதாரணமாக, ஞாயிற்றிலிருந்து கோள்கள் தொலைவாகப் பிரிந்திருப்பது ஏன் என்பதை எப்படி விளக்குவது ?

இந்தப் பிரச்சினையின் கடினத்தை அறிவதற்கு ஞாயிறை அதாவது 6 அங்குலம் விட்டமுடைய பந்தாகக் கருதுவோம். இந்த அமைப்பில், புதன், வெள்ளி, புவி, செவ்வாய் இவை ஞாயிறிலிருந்து முறையே 7, 13, 18, 27 கஜ தூரங்களில் உள்ள, வியாழ்

தலை (pin's head) அளவுள்ள உட்புறக் கோள்களாகும். பெரிய கோள்களான, வியாழன், சனி, யுரேனஸ், நெப்ட்யூன் இவை, ஞாயிற்றிலிருந்து, முறையே 90, 170, 350, 540 அடி தூரங்களில் உள்ள சிறிய பட்டாணி அளவுகளுள்ள கோள்களாகும். புளூட்டோ என்னும் கோள் 700 அடி தூரத்திலுள்ள ஒரு சிறிய வெள்ளிப் புள்ளி (speck of silver) ஆகும்.

துப்பு (clue)

ஒரு நல்ல துப்பறியும் கதையில் (detective story) முக்கியச் சிறப்புக் கூறு (characteristic) மர்மத்தைப் புலப்படச் செய்வதாகவும், அதன் முக்கியத்துவம் எளிதாகக் காண முடியாததாகவும் இருக்கவேண்டும். அத்தகைய சிறப்புக்கூறு தற்போதுடைய பிரச்சினையாக இருக்கிறது. ஞாயிறு தன்னுடைய அச்சைச் சுற்றி 26 நாட்களுக்கு ஒரு முறை சுழல்கின்றது என்ற எளிய உண்மையில் நமக்குத் தேவையான குறிப்புக் கிடைக்கிறது. இந்தச் சுழல் அச்சு (axis of rotation) கிட்டத்தட்ட எல்லாக் கோள்களின் சுற்றுப் பாதைகளையும் உடைய ஒரு தலமட்டத்திற்கு ஏறக்குறையச் செங்குத்தாக உள்ளது. இதற்கு முக்கியமான காரணம், ஞாயிறு 26 நாட்களுக்கு ஒரு முறை சுற்றவேண்டிய அவசியமே கிடையாது. ஒரு நாளின் பகுதிக்குள் இப்பொழுது சுற்றுவதைப் போல் நூற்றுக் கணக்கு அதிக வேகமாகச் சுற்ற வேண்டும். அதன் சுழற்சியை யாரோ குறைத்திருக்க வேண்டும். இது எது என்பதே நம் பிரச்சினையின் மர்மத்தை விளக்குவதாகும். இதன் முக்கியக் காரணங்களை ஆராயும் முன்பு ஞாயிறு எப்படி அமைவைப் பெற்றிருக்கலாம் என்பதைப் பற்றி அறியவேண்டும்.

பல விண்மீன்களின் இடைவெளிகளில் அடர்த்தியாக உள்ள வாயு மேகங்களின் சுருங்குதலால் தான் விண்மீன்கள் ஏற்பட்டன. ஒரு குறிப்பான மேகம் பிளேட் XI-ல் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஓரியன் தொகுதி என்னும் சிறப்பு பெற்ற தொகுதியின் பகுதி தான் இது. ஓரியனின் 'வாள்' உள்ள இதைப் பெறுகுவர் இருகண் வில்லைகளால் (Binoculars) சுலபமாகக் காணலாம். ஓரியன் நெபுலாக்குள் அநேக விண்மீன்கள் ஏராளமாகத் தற்போது உருவாக்கப்படுகின்றன என்று தெரியவருகிறது.

இத்தகைய மேகங்களிலிருந்து உருவாக்கப்படும் விண்மீன்கள் மிக அதிக அளவு சுருக்கப்படவேண்டும். தொடக்கத்தில் ஒரு விண்மீனின் பொருள் இடைவெளி வாயுவின் (விண்மீன்களின்) குறைந்த அடர்த்தி காரணமாக ஏராள, இடப்பரவல் உள்ளதாக (Volume of Space) இருக்கவேண்டும், ஞாயிற்றிலுள்ள பொருள்

திரட்சி கிடைக்க வேண்டுமானால் சூரியன் தொலைவில் அதற்கான வாயுக் கோளத்தின் விட்டம் 10,000,000,000,000 மைல்களாகும். இதற்கு மாறாக சூரியனின் தற்போதைய விட்டம் 1 மில்லியன் மைல்களே ஆகும். ஆயினும்கூட ஒரு கிரகத்தின் உண்டாக்க வேண்டுமானால் 10,000,000,000,000 மைல்கள் விட்டமுடைய ஒரு வாயு உருண்டை, 1 மில்லியன் மைல்கள் விட்டமுடைய வாயு உருண்டையாகச் சுருக்கப்பட வேண்டும். இது முதலில் உள்ள பரிமாணத்தில் 10 மில்லியனில் ஒரு பங்காகும்.

இயக்கவியல் விதிகளின்படி (laws of dynamics) ஒரு வாயு உருண்டை சுருங்கச் சுருங்க அதிக வேகமாகச் சுழலவேண்டும். இதற்கு ஒருவித வெளித்தலையீடும் (external process) இருக்கக் கூடாது. சுருக்கங்களின் பரிமாணத்திற்கும் சுழற்சியின் வேகத்திற்கும் தலைகீழ்த் தகவுப் பொருத்தம் (inverse proportion) இருக்க வேண்டும். பரிமாணத்தில் 10 மில்லியனில் ஒரு பங்கு குறைந்தால் சுழற்சியின் வேகம் 10 மில்லியன் அளவு அதிகரிக்க வேண்டும். ஆனால் முதலில் விநாடிக்கு ஒரு சென்டிமீட்டர் வேகமிருந்தால் அது விநாடிக்கு 10 மில்லியன் சென்டிமீட்டராக—அதாவது ஒரு விநாடிக்கு 100 கிலோமீட்டர் (100,000 செ.மீ. = 1 கி.மீ.)—அதிகரிக்கும். ஆனால், சூரியனின் மத்திய ரேகைச் சுழல் வேகம் விநாடிக்கு இரண்டு கிலோமீட்டர்களேயாகும். மத்திய ரேகைத்தில் சுழல் வேகம் மற்றப் பகுதிகளின் சுழல் வேகத்தைவிட அதிகமாகும். விநாடிக்கு 100 கிலோமீட்டர் வீதம் சூரியன் தன்னைத் தானே ஒருமுறை சுற்றுமானால் இதற்கு அரை நாள் தான் பிடிக்கும். ஆனால், நாம் கண்டறிந்த காலம் 26 நாட்கள் ஆகும்.

இக் குறைபாட்டை, சுழற்சி வேகத்தை விநாடிக்கு 1 செ.மீ. என்று அடிப்படை எடுத்துக் கொண்டதனால் ஏற்பட்டதாகும் என்று சொல்லிவிட முடியாது. ஓரியன் நெபுலாவில் உள்ள வாயுக் களின் இயக்கத்தைக் கண்டறிந்தால், நாம் எடுத்துக் கொண்ட சுழற்சி வேகம் மிகவும் குறைவு என்று தெரியவருகிறது. நாம் முன் சொன்னதற்கு மாறாக, தொடக்கச் சுழற்சி வேகத்தை விநாடிக்கு 10 அல்லது 100 செ.மீட்டர்கள் என்று வைத்துக் கொள்வது பொருத்தமாக இருக்கும். இச் சுழற்சி வேகங்கள் முறையே விநாடிக்கு 1,000 கி.மீட்டர்கள், 10,000 கி.மீட்டர்கள் என்ற அளவில் மாறும். சூரியனது அளவில் உள்ள எந்த விண்மீனும் இந்த வேகத்தில் சுழல முடியாது. அப்படிச் சுழன்றால், ஒரு சுழலும் சக்கரம் எப்படி அதிகச் சுழன்றால் வெடித்துச் சிதறுமோ அதே போல் சூரியனும் சிறு பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுவிடும்.

ஞாயிறு ஒரு கணிப்பட்ட (இயற்கைக்கு மாறான) ஒரு விண்மீன் என்று கடைசி முறை வாதமாகச் சொல்லிவிடலாம். ஞாயிறு நெபுலாவைப் பற்றிய அறுபத்தி உண்மைகள் ஒரு சராசரி விண்மீனின் நிலையை, அதாவது ஒரு சராசரி நிலையைத் தான் குறிக்கும். ஞாயிறு ஒரு சராசரி விண்மீனின் சுழற்சி வேகம் (இதை விட) அதிகமாக இருந்த போதிலும், ஞாயிறின் தொடக்கச் சுழற்சி வேகத்தை வினாடிக்கு 1 கி. மீட்டருக்கும் குறைவாக எடுத்துக் கொள்ளலாமோ? அப்படி எடுத்துக்கொண்டால், விண்மீன்களில் மற்ற எல்லா வகைகளிலும் (பரிமாணத்தைத் தவிர) ஞாயிறைப் போல உள்ளவற்றின் பெரும்பாலானவை ஒரே வேகமாகச் சுழலும். இது கண்டறிந்த உண்மைக்கு முற்றிலும் முரண்பாடான நிலையாகும். ஞாயிறுடன் ஒத்திருக்கும் விண்மீன்கள் ஞாயிறைப் போலவே குறைந்த வேகத்தோடுதான் சுழல வேண்டும். நம் முடைய (ஜெப்ரி ஆறுதலாக உள்ள) கொள்கை பயனற்றதாய் விடுகின்றது.

(இப்பொழுது) ஒரே ஒரு வழிதான் இருக்கின்றது. வெளிப்புறச் செயல்முறை (process) ஒன்றுதான் ஞாயிறின் சுழற்சி வேகத்தைக் குறைக்கமுடியும். இத்தகைய செயல்முறை எப்படிச் செயல்படுகின்றது என்பதைக் கண்டுபிடிப்பது நம் பிரச்சினையாகும்.

வெளிப்புறச் செயல்முறை (The external process)

சுருக்கும்பொழுது வெளிப்புறச் செயல்முறை எப்பொழுது முதலாவதாகச் செயல்படுகின்றது என்பதை தீர்மானிக்க வேண்டும். சுருக்கும் உருண்டை மிகப் பெரியதாக இருக்கும் பொழுதே இது செயலாற்றுகின்றதா? அல்லது சுருக்கம் மிகச்சிறிய நிலையில் இருக்கும் பொழுது, அதாவது, (வளர்ச்சியின் பின் கட்டத்தில்) செயலாற்றுகின்றதா? அல்லது சுருக்கம் நேரும் பொழுதெல்லாம் ஒழுங்குமுறை ஒரே அளவில் செயலாற்றுகின்றதா?

இந்த வினாக்களெல்லாம் கேள்விகளின் உற்பத்தியிடத்திற்குத் தெளிவாகத் தொடர்புடையவைகளாகும். ஞாயிற்றுச் சுருக்கம் பரிமாண அளவில் 10,000,000,000 மைல்கள் இருக்கும் பொழுதே சுழல்வேகம் குறைந்திருந்தால் அப்பொழுது மேற்சொன்ன செயல்முறை இன்னும் விரைவாகவே செயலாற்றி யிருக்கும். மிகவும் பெரிய கோளான வியாழன் (Jupiter) ஞாயிறி லிருந்து 500 மைல்கள் தூரத்திலிருக்கின்றது. இது ஞாயிற்றுச் சுருக்கத்தின் தொடக்க அளவைவிட மிகச் சிறியதாகும். மூல–ஞாயிறு (proto sun) அதனுடைய மூல அளவில் ஆரம்பத்தில் ஒரு

பங்காகக் குறைந்தாலும் தான் சுழல் வேகம் குறைந்திருக்க வேண்டும். அப்படி இல்லையென்றால், வெளிப்புறச் செயல் முறையினால் கோள்களின் துவக்க நிலைக்கு பாதிகொருவிதமான விளைவும் (பயனும்) ஏற்பட்டிருக்காது. இதற்குக் காரணம், கோள்களுக்குச் சம்பந்தப் பட்டதாக எதுவும் இல்லாமல் முற்றிலும் வேறு வகைப்பட்ட காரணமாக இருக்கலாம். இத்தக் குறிப்பு முக்கியமானதால், தம்முடைய மூலாதாரத்திலிருந் தடங்கலாக இருந்தாலும், இதைப்பற்றிய ஆதாரங்களைச் சற்று ஆராய்வோம்.

சொல்முறை (கோள்களின்) சுருக்கலின் கடை நிலைகளில் (late stages) தான் கொண்டுள்ள சம்பந்தத்திற்கு வலுவான ஆதாரம், விண்மீன்களின் சுழல் வேகத்தைக் கண்டறியும்பொழுது கிடைக்கின்றது. சுழல் வேகத்திற்கும், மேற்புற வெப்ப நிலைக்கும் ஒரு நுட்பமான தொடர்பு இருப்பது தெரிய வருகின்றது. சூரியனைப் போன்ற விண்மீன்கள், மேற்புற வெப்பநிலை 6000°C க்குக் குறைவான அளவில் இருப்பவை (சூரியனின் மேற்புற வெப்பநிலை சுமார் 5,460° C ஆகும்), சூரியனைப் போலவே மெதுவாகச் சுழலுகின்றன. ஆனால், 7,000° C க்கு மேலான மேற்புற வெப்பநிலை உடைய விண்மீன்கள் அதிக வேகமாகச் சுழலுகின்றன. இவற்றின் மத்திய ரேகை வேகம், சாதாரணமாக வினாடிக்கு 50 கி. மீட்டர் வரைக்கும் போகும். இது, வெளிப்புறச் செயல்முறை இல்லாத பொழுது. ஆகையினால், வெளிப்புறச் செயல்முறை எல்லா நிலைகளிலும் செயல்பட்டிருந்தாலும், மையமாகத் தோன்றும் விண்மீன்களின் மேற்புற வெப்ப நிலையை ஒத்ததாக மாறுபட்ட அளவில் செயலாற்றுகின்றது. முதல் அல்லது தொடக்க நிலையில் ஒரு விண்மீனுக்கும் மறு விண்மீனுக்கும் உள்ள மாறுபாடுகள் தெளிவாக இரா. 6,000°C மேற்புற வெப்பநிலை உடைய ஒரு விண்மீனுக்கும், 7,000°C மேற்புற வெப்பநிலை உடைய ஒரு விண்மீனுக்கும் உள்ள மாறுபாடுகள் தொடக்க நிலையில் வெகு குறைவாக இருக்கும். இது ஆரம்பத்தில் வெளிப்புறச் செயல்முறையினால் ஏற்படும் சுழல் வேகத்தில் அதிக மாறுபாட்டை உண்டாக்காது. ஆகையினால், வெளிப்புறச் செயல்வேகம் பிற்கால நிலையில்தான் சுருங்கலின்போதே செயல் படும் என்று முடிவு காணலாம்.

இந்த வெளிப்புறச் செயல்முறை யாது? சுழல் விசைகள் (rotary forces) சுருங்கலின் பிற்பகுதிகளில்தான் மிகவும் முக்கியமானவைகளாக இருந்திருக்க வேண்டும். இந்த விசைகளின் செயலினால், சுருங்கலின் இரு துருவங்களில் (poles) தட்டை வடிவான அமைப்பை ஏற்படுத்த உதவும். இதனால், மத்திய பட்டைகளத்தில்

ஒரு தனிச் சுழல் வட்டத் தகடு ஒன்று உருவாகும் வகையில் குட்டையாகும். இந்த உருவ வளர்ச்சிமுறை படம் 4-ல் விளக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

தொடக்கத்தில் சுற்றுதலுக்கேற்ற வடிவத்தில் அமைந்த நீர்குளிர் வடிவ அமைப்பு | சுருங்குவதால் நீர்குளிர் சுழற்சி வேகம் அதிகரித்து நீள் கோளமாகிறது | இறுதியில் நீர்குளிர் வடிவமைப்பு தகடுபோல் மாறுகிறது

படம் 4. சூரியக் குளிர்வின் சுருக்கம். குளிர்வு படலத்தைப் பத்து மில்லியன் மடங்கு குறைக்கின்றது. இதனால் அளவு முறைப்படி வரைய முடியாது. குளிர்வு நிலையை விளிம்பு வாட்டில் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது.

ஞாயிறு இவ்வாறு ஒரு வட்டத் தகடாக வளர்ச்சி யடைந்த பிறகு வெளிப்புறச் செயல்முறை மேற்கொண்டு முடிகின்றது. 'வெளிப்புறம்' என்ற தொடர் 'ஞாயிற்றின் வெளிப்புறம் (புறப்பகுதி)' என்று பொருள்படும். இந்த வெளிப்புறச் செயல் முறை பரிதலில் ஞாயிற்றிலிருந்து சுழற்சி பெருங்கணிமை வேகம் (rotational momentum) வட்டத் தகட்டிற்கு மாற்றப்படுவதே யாகும். இரண்டு பறவைகளை ஒரே கல்லால் அடித்துக் கொன்றது போல் இக்கொள்கை தெளிவுபடுத்தப்பட்டது. ஞாயிறு தற்போது அடைந்துள்ள சுழல் வேகத்தை (குறைந்த) அடைந்தது. அதே சமயம், கோள்கள் உருவாவதற்கு ஏற்பட ஏதுவாக இருக்கும் (கனி) வட்டத்தகடு ஞாயிற்றிலிருந்து போகப்போக அதிக தூரம் தொடர்பற்று, ஞாயிற்றுக் குடும்பத்திற்கான சுழல் முதல் முதலில் வட்டத் தகட்டை உற்பத்தி செய்வதற்கு முன் மிகவும் உட்புறக் கோளாக (innermost planet) உள்ள புதனின் சுற்றுப் பாதை அளவிற்கும் குறைவாக சுருங்கியிருக்க வேண்டும். பெரிய கோள்கள் ஞாயிற்றிலிருந்து தொலைவில் இருக்கின்ற ஒரு பெரிய வட்டத் தகடின் பொருள் செயல்படு வெளிப்புறம் தள்ளப்பட்டதனால் ஏற்பட்டதெனத் தெரிகின்றது.

முதல் இக்கட்டைச் சமாளிப்பது (Overcoming the first difficulty)

இந்தத் தெளிவான கோட்பாட்டை ஏன் முன்பாகவே வெகு காலத்திற்கு முன்பே கொடுக்கவில்லை என்று வியப்படையலாம். இதற்குச் சரியான விடை யாதெனில், சமீபகாலம் வரை இந்தக்

கோட்பாட்டைக் கடுமையாக எதிர்த்து வந்தார்கள். ஆகையினால் இதை முனைப்பாக ஆராயவில்லை. ஆனால், இந்த எதிர்ப்புகள் அவ்வளவு கடுமையாக இருக்க வேண்டியதில்லை என்பது தெளிவாகிறது. மாட்டர்ஹார்னும் (Matterhorn), எவரெஸ்டும் (Everest) எந்தப்பாதைகள் வழியாக ஏறமுடியாது என்று முதலில் நினைத்தார்களோ அதே பாதைகள் வழியாகவே ஏறிக்காட்டினார்கள். மற்ற வழிகளை யெல்லாம் (சாதகமென்று நினைத்த வழிகளை யெல்லாம்) பின்பற்றிய பிறகு அதில் தோல்வி யடைந்து மறுபடியும் முதலில் நிராகரித்த வழிகளையே பின்பற்றினார்கள் மலை ஏறுபவர்கள். இவ்வாறு செய்ததனால், முதலில் இடையூறுகளாக நினைத்தவை யெல்லாம் உண்மையல்ல, வெறும் கற்பனையே என்பது தெளிவாயிற்று. இதே நிலைதான் கோள்களின் வளர்ச்சிப் பிரச்சினையைப் பற்றியும் ஏற்பட்டுள்ளது.

எல்லாக் கோள்களையும் தோண்டி யெடுத்து ஞாயிறோடு சேர்த்து விட்டால், ஞாயிறு தற்போது சுழலுவதைவிட அதிக வேகத்துடன் சுழலும்—அதாவது மத்திய தளச் சுழற்சி வேகம் தற்போது இருப்பதுபோல் வினாடிக்கு 2 கிலோ மீட்டர்கள் அல்லாமல் வினாடிக்கு 100 கிலோ மீட்டர்களாக இருக்கும். இது தேவையான அளவு வேகமுடையதாகச் சொல்ல முடியாது இந்தச் சுழற்சி வேகத்தில், ஞாயிறு துருவங்களில் தட்டையாக மாறினாலும், இது ஒரு வட்டத் தகடு (மத்தியில்) உற்பத்தியாகப் போதிய சுழற்சி வேகமாகாது. ஞாயிறு வியாழனைப் போன்ற பரிமாண அமைப்பை உடையதாக இருக்கும் (ப்ளேட் VII பார்க்கவும்) வியாழன் எப்படி வட்டத்தகடு ஒன்றைத் தற்போது உருவாக்கவில்லையோ, அதுபோல், ஞாயிறும் ஒரு வட்டத்தகட்டை உருவாக்கி இராது.

இது நம் கோட்பாட்டிற்கு ஒரு தீர்ப்பை அளித்தது போல் முதற்கண் தோன்றும். எல்லாக் கோள்களையும் ஞாயிறுடன் சேர்த்த பிறகும், ஞாயிறு ஒரு வட்டத் தகட்டை உற்பத்தி செய்யாவிட்டால், மற்றப்படி எவ்வாறு ஞாயிறு சுருக்கத்தின் விளைவாக ஒரு வட்டத்தகட்டை உற்பத்தி செய்தது? ஞாயிறு கடந்த காலத்தில் ஒரு வட்டத் தகட்டை உண்டாக்கப் போதுமான அளவு சுழன்றிருந்தால் இப்பொழுது, கோள்களைத் திரும்பவும் ஞாயிறுடன் சேர்த்தபிறகு ஒருவித நிலை மாற்றம் ஏற்பட்டிருக்கவேண்டாமோ? கோள்கள், ஞாயிறை விட்டுப் பிரியும் போது கொண்டுள்ள எல்லாவிதப் பொருள்களையும் அப்படியே இன்றுவரை உடையதாக இருந்தால், விடையைச் சரி என்று உறுதியாகச் சொல்லலாம். ஆனால் ஒரு வேளை இது சரியான

தாக இருக்காது. ஒருவேளை முதலில் வட்டத் தகட்டில் உள்ள பொருள்களின் ஒரு சிறிதளவே இப்பொழுதுள்ள கோள்களுள் அடைக்கப்பட்டிருக்கலாம். இது நம் பிரச்சினையில் உள்ள இடர்ப்பாட்டை நீக்கும்.

ஆனால், எஞ்சியுள்ள பொருள் திரட்டு எங்கே சென்றுவிட்டது? இது தற்போது ஞாயிற்றைச் சுற்றிவரவில்லை. ஆகையினால் ஞாயிற்றின் ஈர்ப்பு ஆற்றலுக்குக் கட்டுப்படாத வகையில் விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயு மேகங்களுடன் (clouds of interstellar gas) கலந்து விட்டது என்று பதில் கூறலாம் (எஞ்சியுள்ள பொருள் திரட்டு ஞாயிற்றையே சேர்ந்து விட்டது என்றால் நாம் எந்த இடரைத் தவிர்க்க நினைத்தோமோ அதையே மறுபடியும் உண்டாக்கி விடுவோம்). இந்தக் கோட்பாடு நிலைத்திருப்பதும், தோல்வியடைவதும் மேற்சொன்ன கருத்தானது சரியா தவறா என்பதைப் பொறுத்திருக்கிறது.

நல்ல காலமாக, ஹைட்ரஜன் வாயு, அதிக அளவில் முன் சொன்ன வட்டத் தகட்டை விட்டுப் பிரிந்து விண்மீன் இடைவெளி வாயுவோடு சேர்ந்திருக்கலாம் என்பது உண்மை. அப்படி இல்லையென்றால் கோள்களாகிய யுரேனஸையும் (Uranus) நெப்ட்யூனையும் (Neptune) ஹைட்ரஜன் இல்லை என்ற நிலையைச் சரியாக விளக்க முடியாது. வியாழனும், சனியும் கிட்டத்தட்ட ஞாயிறைப் போலவே ஒரே அளவு ஹைட்ரஜனை உடையனவாக இருக்கின்றன. (5 வது அத்தியாயத்தைப் பார்க்கவும்) ஆனால், சற்றுத் தொலைவாக உள்ள யுரேனஸிலும், நெப்ட்யூனிலும், ஒப்பிடும் வகையில், சிறிதளவே ஹைட்ரஜன் உள்ளது. இதை விளக்கிக் கூற வேண்டுமானால், கோள்களுக்கான பொருள் திரட்டைக் கொண்ட வட்டத் தகட்டின் புறக் கோடிப் பகுதிகளிலிருந்து ஹைட்ரஜன் அதிக அளவில் தப்பியிருக்க வேண்டும்—ஞாயிற்றின் இழுப்பு ஆற்றல் இந்தப் பகுதிகளில் வலுவற்றதாக இருந்ததால் இவ்வாறேற்பட்டது.

யுரேனஸும், நெப்ட்யூனும் பெருமளவுக் கார்பன், நைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் மற்றும் நியான் இவைகளையே உடையனவை என்று ஏற்கக் கூடிய ஒரு கூற்றை வைத்து இதிலிருந்து எவ்வளவு ஹைட்ரஜன் தப்பியிருக்க வேண்டும் என்பதை எளிதில் கணக்கிடலாம். கார்பன், நைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் மற்றும் நியான் இவை ஞாயிற்றின் பொருண்மையில் ஆயிரத்தில் ஒரு பகுதியாகும். கோள்களின் பொருள் திரட்டும், ஞாயிற்றுப் பொருள் திரட்டும் முதலில் ஒன்றே என்ற அடிப்படையில் (இது நமக்குத் தற்போது வேண்டிய

ஒரு சுற்று) கோள்களுக்கான வட்டத்தகட்டின் வெளிப்பகுதி களிலிருந்து தப்பிச் சென்ற ஹைட்ரஜனின் பொருண்மை, யுரே னஸ், நெப்டியூன் இவைகளின் கூட்டுப் பொருண்மையைப் போல் 100 மடங்கு அதிகமாகவே, அதாவது புவியின் பொருண்மையைப் போல் 30 மடங்கு அதிகமாகவே இருக்கும் எனக் கூறலாம். அதா வது 72ம் பக்கத்தில் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் அட்டவணையில் குறிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல் அதாவது, தப்பிச் சென்ற ஹைட்ரஜனின் பொருண்மை புவியைப் போல் 3,000 மடங்கு களாகும். இந்த எல்லாக் கோள்களிலும் உறைந்திருக்கும் 450 புவிப்—பொருண்மைகளுடன் ஒப்பிடலாம். தப்பிய ஹைட்ரஜ னின் பொருண்மை தற்போதுள்ள கோள்கள் எல்லாவற்றின் கூட்டுப் பொருண்மையைவிட ஏழு மடங்கு அதிகமாகும்.

இந்த ஆராய்ச்சியிலும் நம்முடைய இடர்ப்பாடுகள் முற்றிலும் தீர்க்கப்பட்டனவெனலாம். கோள்களின் பொருண்மைகளைமட்டும் கணக்கிட்டு ஆராயாமல், முதலில் இருந்த வட்டத்தகடு, தற் போது உள்ள கோள்களின் பொருள் திரட்டைப்போல் பத்து மடங்கு பொருள் திரட்டை உடையனவாகும் என்னைத்து ஆராய்ச்சி முடிவுகொள்ளலாம். இந்த வட்டத்தகட்டை ஞாயி றுடன் ஒருப்படுத்தும் சேர்த்தால் ஞாயிற்றின் சுழற்சிவேகம் வினாடிக்கு 100 கிலோ மீட்டர்களிலிருந்து விநாடிக்கு 1,000 கிலோ மீட்டர் களாக அதிகரிக்கும். இந்த வேகத்தில் ஞாயிறு ஒரு வட்டத் தகட்டை உருவாக்க இயலும். இந்தச் சுழற்சி வேகம் மிகவும் அதிக மானதால், உண்மையில், ஞாயிறு தற்போதுள்ள அதன் பரி மாணத்தைவிடப் பெரிய பரிமாணத்தை உடையதாக இருக்கும் போதுதான் அதன் வட்டத்தகட்டை உருவாக்கியிருக்க வேண்டும். சுருங்கியவாறுள்ள ஞாயிற்றுச் சுருக்கம் தற்போதுள்ள பரி மாணத்தைப் போல் ஐம்பது மடங்கு அதிக பரிமாணத்தை உடைய போதே வட்டத்தட்டை உருவாக்கியிருக்க வேண்டும்.

இரண்டாவது இடர்ப்பாட்டைச் சமாளிப்பது (Overcoming the second difficulty)

பிறக்கவிட்டபுதுமையான நிலையை ஆராய்வோம். ஞாயிற்றுச் சுருக்கம் வட்டத்தட்டை உற்பத்தி செய்த பிறகு இந்தச் சுருக்கம் சுருங்கிக் கொண்டேயிருந்தது. ஆனால், வட்டத்தகடு மேலும் மேலும் அப்பால் வெளிப்புறமாகத் தள்ளப்பட்டது. இதனால் ஞாயிற்றுச் சுருக்கத்திற்கும் வட்டத்தகட்டின் உட்புற விளிம்பிற் கும் இடையே ஓர் இடைவெளி ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். இந் நிலையில் சுழற்சிப் பொருண்மை வேகம் (rotational momentum) எவ்வாறு இந்த இடைவெளி வழியே மாற்றப்படுகிறது (செலுத்

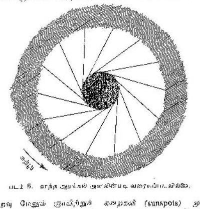
தப்படுகிறது)? இவ்விடத்தில் தான் நம் கோட்பாட்டிற்கு இரண்டாவது கடுமையான இக்கட்டு ஏற்படுகிறது.

சில ஆண்டுகளுக்குமுன் H. ஆல்ஃவென் (H. Alfven) என்பவரால் கொடுக்கப்பட்ட கருத்து மேற்சொன்ன புதிரைத் தீர்த்து வைக்கக் கூடும். மேற்சொன்ன இடை வெளியில் ஒரு காந்தப் புலம் (magnetic field) இருந்தால் அப்பொழுது சுழற்சிப் பொருண்மை வேகம் முன் சொன்னபடி இடைவெளியின் மூலம் மாற்றப்படலாம் என்று ஆல்ஃவென் சொன்னார். கோள்களின் மூலப் பிறப்பில் காந்தப் புலங்களுக்கு ஒரு முக்கியமான பங்கு உண்டு என்ற கருத்து நாம் முனைந்த பரிசீலனை செய்வதற்குரிய தான ஒரு புதுக் கோட்பாடாகும். காந்தப் புலனை விசைக்கோடுகளின் கூட்டு என்றும் இவை தன்மையாய் மீள்திறனுடைய மெல்லிய கயிறுகள் போன்றவை (elastic strings) என்றும், Faraday என்பவர் பல ஆண்டுகளுக்கு முன் காண்பித்திருக்கிறார். தற்போது நாம் ஆராயும் நிலைக்கு மீள்திறனுடைய மெல்லிய கயிறு என்ற உவமை ஒரு முக்கியமான மதிப்புடைய கருத்தாகும். பிரச்சினையை ஆராயும் பொருட்டு விளிம்பையும் நடுப்பகுதியையும் (hub) சேர்க்கின்ற ஆரங்களை உடைய ஒரு சக்கரத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். ஆரங்கள் கெட்டியாக இருந்தால் விளிம்பும், நடுப்பகுதியும் ஒரே அளவில் சுற்றிவரும். ஆனால், ஆரம் நீள் திறனுடையதாக (elastic) இருந்தால் விளிம்பு நடுப்பகுதியை விடச் சற்றுத் தாமதாகவே சுற்றிவரும். இதனால் ஆரங்கள் 5-ம் படத்தில் காட்டி யிருப்பது போல் சற்று நீட்டப்படும். இவ்வாறு நீட்டப்பட்டால் விளிம்பு வேகமாகவும், நடுப்பகுதி தாமதமாகவும் சுற்ற ஏதுவாகும்.

இப்பொழுது, ஞாயிறைச் சக்கரத்தின் நடுப் பகுதியாகவும். விளிம்பைக் கோள்களின் ஆக்கப் பொருளையுடைய வட்டத் தகடாகவும் நீள் திறனுடைய ஆரங்களைக் காந்தப் புலங்களாகவும் கருதுவோம். நாம் மேற் சொன்ன உவமையில் சக்கரத்தின் நடுப் பகுதியை நீள் திறன் கொண்ட ஆரங்கள் எப்படித் தாமதமாகச் செய்கின்றதோ அதே போல் ஞாயிறின் சுழற்சியைக் காந்தப்புலம் கட்டுப்படுத்தும். கோளங்களின் ஆக்கத்திற்குரிய வட்டத்தகட்டையும் இக் காந்தப்புலம் பாதிக்கும் வகையில் இதன் (வட்டத் தகட்டின்) சுழற்சி வேகத்தை மட்டும் அதிகப்படுத்தாமல், இதை ஞாயிறினின்றும் அப்பால் தள்ளிவிடும் இதுதான் நமக்குத் தேவையான ஒரு நிலை.

ஆகையினால் ஞாயிறின் சுழற்சியையும் மேற்சொன்ன கோள்களின் ஆக்கப் பொருளையும் சேர்த்து விடும் ஒரு நிலை

இருக்கலாம் என்று தோன்றுகிறது. மேலும் நமக்குச் சாதகமான நிலை ஒன்றுதனில் மேற்சொன்ன நிலையை உண்டாக்கும் காந்தப் புலனின் வலிமை தடுக்கலாகவே (அதாவது தேவையான அளவு மிக்கு ஏற்பவே (இருக்கின்றது எனத்தெரிகின்றது) நாம் சொன்ன உவமையில் நீள்திருக்கும் ஆரங்களின் விறைத்தலே (stiffness) காந்தப் புலனின் வலிமைக்கு ஈடாகும். இந்த வலிவு அநேக விண்மீன்களுக்கான காந்தப் புலன்களின் வலிவுகளைவிட மிகவும்



படம் 5. காந்த ஆரங்கள் அளவின்படி வரையப்படவில்லை.

குறைவு மேலும் ஞாயிற்றுக் கறைகள் (sunspots) அதிகமான காந்தப்புலன்களைக் காட்டிலும் குறைவானதாகவே இருக்கும். இந்த ஞாயிற்றுக் கறைகளைப்பற்றி அடுத்த அத்தியாயத்தில் விரிவாகக் கூறுவோம்.

கோள்களின் ஆக்கத்தை ஆராய்வதற்குக் காந்த ஆரங்கள் (magnetic spokes) என்று உருவகப் படுத்தியிருப்பது (கருத்து வகையில்) மிகவும் நுணுக்கமான ஒரு வளர்ச்சியாகும். இது இல்லாமல் ஒரு கோட்பாட்டையும் தெளிவான வகையில் (திருப்திகரமாக) கொடுக்க முடியாது என நாங்கள் ஊகிக்கிறோம். துறை நுட்பவகையில் மிகவும் முக்கியமான சில இடைப்படிகள் இன்னும் தக்கபடி தீர்க்கப் படவில்லை என்பதை நாம் உணர வேண்டும்.

மூன்றும் இக்கட்டைச் சமாளிப்பது (Overcoming the third difficulty)

மூன்றாவதாக, மிகவும் இக்கட்டான கடைசி பிரச்சினை நான்கு உட்புறக் கோள்களின் சேர்க்கை அமைப்பைப் பொறுத்தது. இவை, பெரும்பாலும் பாறைகளாலும், இரும்பினாலும் ஆக்கப்பட்டவை. இப்பாறைகளில் உள்ள இரும்பு, மெக்னீஷியம், சிலிக்கோன் (silicon)- இவை ஆதியில் கோள்களின் ஆக்கப் பொருளில் சிறிதளவே இருந்திருக்க வேண்டும். இவ்வாறு நாம் கூறுவது சரியானதே. ஏனென்றால், (தற்போதைய கோட்பாட்டின்படி (கோள்களின் ஆக்கப்பொருள் ஒரு காலத்தில் ஞாயிற்றுப் பொருளைப் போலவே இருந்திருக்க வேண்டும்— ஞாயிற்றில் உள்ள இரும்பு, மெக்னீஷியம், சிலிக்கோன் இவை எடைப்படி ½ சதவீதமே காணப்படுகின்றன. (அப்படியானால்) எவ்விதம் இப்பாறைகளும், இரும்பும் பிரிக்கப்பட்டன? கோள்களின் ஆக்கப் பொருளின் மூலியக் கூட்டமைப்பிலிருந்து, மூப்பாக ஏராளமான அளவிலுள்ள ஹைட்ரஜன் பொருண்மையிலிருந்து எப்படி இரும்பும், மெக்னீஷியமும், சிலிக்கோனும் பிரித்தெடுக்கப்பட்டன?

பேரண்டத்தின் நன்மை என்ற தலைப்பில் கொடுக்கப்பட்ட கோட்பாட்டைத் திருத்தம் செய்ய முயலுவதினால்தான் தற்போதைய இக்கட்டு ஏற்பட்டிருக்கிறது. இரும்பும், பாறைகளின் உற்பத்திக்கு உதவிய அணுக்களும் விண்மீன்களிலிருந்து, பெரும்பாலும் வெடிக்கும் சூபர் நோவாக்களிலிருந்துதான் கிடைத்திருக்க வேண்டும். கோள்களின் ஆக்கப் பொருள் சூபர் நோவாவிலிருந்து நேரிடையாகக் கிடைத்திருந்தால் (முன் சொன்ன கோட்பாட்டின்படி) உட்புறக்கோள்களின் ஆக்க முறையை எளிதில் விளக்கி விடலாம். இந்த எளிய விளக்கம், (தற்போது கொடுக்கப்பட்டுள்ள கோட்பாட்டின்படி) சூபர் நோவாக்களிலிருந்து கிடைத்த பொருள்கள், பெரும்பாலான விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்களோடு கலந்து விட்டால் பயனற்றதாகப் போய் விடும். இந்த அத்தியாயத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள கருத்துகள் சரியா, தவறு என்பது (சரியான) மாற்று விளக்கங்களைக் கண்டு பிடிப்பதைப் பொறுத்திருக்கின்றது. உண்மையாகவே, முற்றிலும் சரியான ஒரு மாற்று விளக்கத்தைக் கொடுப்பது இயலும் என்பதை இப்பொழுது காண்போம்.

நம் கோட்பாட்டின்படி, ஞாயிற்றின் சுழற்சி குறையும்பொழுது, (மேற்கூறியுள்ள வட்டத்தட்டிலுள்ள வாயுக்கள் ஞாயிற்றிலிருந்தும் அப்பால் விலக்கப்படும். ஞாயிற்றிற்கும், வட்டத்தட்டிற்கும்

ஏற்படக் கூடிய காந்த இணைப்பு, வட்டத் தட்டின் பொருள் வாயுப் பொருளாக இருப்பதைப் பொறுத்ததாகத்தான் இருக் கின்றது. திண்மையான பொருளோ அல்லது திரவமோ வாயு விலுள்ள வட்டத் தகட்டிலிருந்து குளிர்வு காரணமாகக் (condensation) கிடைத்திருந்தால், அதாவது புவியின் வளிமண்டலத்தி லிருக்கும் மேகங்களிலிருந்து குளிர்வினால் ஏற்படும் நீராவி யினால் கிடைக்கும் மழைத் துளிகள் போல், இவை காந்த விளைவு களுக்குப் (magnetic effect) போதிய அளவில் கட்டுப்படாது. திண்மையான அல்லது திரவமான துகள்கள், சில மெல்லியனவோ அல்லது சற்று அதிக அளவான பருமனாகவோ இருந் தாலும், வாயுக்களிலிருந்து குளிர்வு முறையில் ஏற்பட்ட இவை முக்கிய வாயுக்கள் ஞாயிற்றை விட்டு அப்பால் தள்ளப்படும் போது (இவை) பின் தங்கியே இருக்கும்.

எந்தப் பொருள்கள் திண்மைத் துகள்களாகவும், திரவத் துகள்களாகவும் குளிர்ந்து சுருங்கியிருக்கக்கூடும்? இதற்கு விடை வாயுக்களின் உட்புற வெப்ப நிலையைப் பொறுத்திருக்கிறது. இது தெளிவாக, இவ்வாயுவின் தொலைவு ஞாயிற்றிலிருந்து எவ்வளவு இருக்கிறது என்பதைப் பொறுத்திருக்கின்றது — ஞாயிற்றின் அருகாமையிலிருந்தால் வெப்பநிலை அதிகமாக இருக்கும் வெப்பநிலை, தப்பிடும் வகையில் அதிகமாயிருந்தால் விலகுப் பொருள்களாகிய (refracting substances) சிலிக்கேட்டு களும் இரும்பு மற்றும் சில உலோகங்களும் குளிர்வடையும். ஆனால், தொலைவு அதிகரித்து வெப்பநிலை குறைந்தால் கொதி நிலை குறைவாகவுள்ள மீத்தேன், நீர், அம்மோனியா முதலிய பொருள்கள் குளிர்வடையும்.

ஞாயிற்றிலிருந்தும் விலகிச் செல்லும் பொழுது வட்டத்தகடு எவ்வா மாறுதல்களை அடைகிறது என்பதைப் பார்த்தோம். ஆக்கப் பொருள்கள் பெரிய கோள்களுக்கான தொகுதியை ஏற்படுத்திய பிறகு மிகவும் பொருத்தமான விலகுப்பொருள்கள் வாயுவிலிருந்து குளிர் வடைந்து திண்மைப் பொருட் கூட்டங்களாக அமையும் என முந்தைய ஏவிலேயே பெரும்பாலும் தெளிவு படுத்திவிட்டாயிற்று. உட்புறக் கோள்கள் வெகு சிறிய பொருட்களிலிருந்து ஆக்கப்பட்ட கூட் டமைப்புகளாகும் என்பதைத் தெளிந்தறிகின்றோம். (இது புவியின் உட்புற அமைப்பைப்பற்றி ஆராயும் பொழுது முன்னொரு அத்தியாயத்தில் நாம் எடுத்துக்கொண்ட காரணங்களைப் போலவே ஆகும்). உட்புறக் கோள்கள் யாவும் பெரும்பாலும் பாறைகளா லும் இரும்பினாலும் ஆக்கப்பட்டவை என்பதை அறிகிறோம். இதற் குக் காரணம் பாறைகளும் இரும்பும்தான் முதன் முதலில் வாயுவி

விருந்து பிரிக்கப்பட்ட முக்கியப் பொருள்களாகும் என்பதேயாம். இது கோட்பாட்டிற்கு மிகவும் ஆதரவான ஓர் உண்மையாகும். ஏனென்றால், இரும்பும் பாறையும் கோள்களின் ஆக்கப்பொருளி விருந்து எப்படி பிரித்தெடுக்கப்பட்டன என்பதை நாம் தெரிந்து கொள்வது மட்டுமன்றி, உட்புறக்கோள்கள் ஏன் பாறையாலும் இரும்பாலுமே ஆக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்பதையும் தெளிவாக அறிகிறோம். அநேக விவரங்கள் இன்னும் தெளிவாக்கப்படவேண்டும். அநேக சிறு பொருள்கள் எவ்வாறு கோள்களாக அமைக்கப் பெற்றன? ஞாயிற்றிலிருந்து புதன், வெள்ளி, புவி, செவ்வாய் ஆகிய கோள்களின் தொலைவு எவ்வாறு நிர்ணயிக்கப்பட்டன? இதற்கு விடைகளைக் குறிப்பாகத்தான் கொடுக்கமுடியும். திரவங்கள்தான் இந்தக் கூட்டமைப்பிற்குக் காரணங்களாக இருக்கலாம் என்று ஹெரால்டு ஊரே (Harold Urey) என்பவரும் தனியாக எச். ஈ. ஸுயஸ் (H. E. Suess) என்பவரும் கருதினார்கள். கெட்டிப் பொருள்களை ஒன்று சேர்த்துவைக்கத் திரவங்கள் ஒரு பசை போலமையும் என்பதேயாகும். ஒட்டும் தன்மையுடைய திரவங்களால் பூசப்பட்ட இரு கெட்டிப்பொருள்கள் மோதினால் அவை பிறகு ஒன்றாகச் சேர்ந்திருப்பது சாத்தியமாகும். இரண்டு பொருள்களும் தனிப்பட்ட கெட்டிப்பொருள்களானால் இவ்வாறு சேருவது முடியாமலிருக்கலாம். இந்தப் பசைச் சத்துக்கள் யாவை என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை. ஊரே என்பவர், அரை குறையாக உருகிய பனிக்கட்டியாக இருக்கும் நீரே இந்தப் பசைப்பொருளாக இருக்கலாம் என்று கருதுகிறார். நீர்க் கூட்டணுக்கள் சிலிக்கேட்டுகளுடன் கலந்து ஹைட்ரேட்டுகளாக மாறலாம் என்பது உண்மை.

புவியில் நீர் எதனால் காணப்படுகிறது என்பதை விளக்க இது தேவையாகும். அரைகுறையாக உருகிய பனிக்கட்டி கலப்பற்ற நீரேயாகும். வாயுக்கள் உட்புறக் கோள்களின் சுற்றுப் பாதைகளைவிட்டு விலகுமுன், ஆவி குளிர்ந்து கலப்பற்ற நீராக மாறலாமா என்பது எனக்கு ஐயுறவாகவே இருக்கிறது. எனக்குத் தெரிந்த வரையில் பசைப்பொருள் வேறு எங்கேயாவதுதான் இருக்க வேண்டும். உயரத்திலிருக்கும் நீரகம் கரியகம் இணைந்த சேர்மப் பொருள் (hydrocarbon) எண்ணெயாகக் குளிர்வுறும். எண்ணெய் மட்டும் ஒரு தகுந்த பசைப் பொருளாகாது; ஆனால், ஆக்ஸிஜன் ஏற்றமுள்ள சில நீரகம் கரியகம் இணைந்த சேர்மப் பொருள்கள் சிறந்த பசைப் பொருள்களாகும்.

கோள்கள் இப்பொழுது அவைகள் இருக்கும் தொலைவுகளில் அமையப் பெற்றது ஏன் என்ற பிரச்சினை மிகவும் முக்கியமாகும். எங்கெல்லாம் பசைப் பொருள்கள் காணப்பட்டனவோ (செயல்

பட்டனவோ) அதைப் பொறுத்துத்தான் (கோள்களின்) தொனி மூலம் இருந்திருக்கவேண்டும் என்பது என் கருத்து. இது சரியானால், ஞாயிற்றிலிருந்து புவியின் தொலைவு ஒரு தற்செயலான நிலை என்று சொல்ல முடியாது—இதனால், பார்ப்பதற்கு எதேச்சையாகத் தோன்றிய ஒரு தன்மை ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தைப் பொறுத்த வரையில் இல்லை என்றே சொல்லலாம்.

வியாழன், சனி இவைகளின் மூலம் (The origin of Jupiter and Saturn)

உட்புறக் கோள்களுக்கப்பால் நீரும் அம்மோனியாவும் வாயுவிலிருந்து குளிர்விழுந்து உண்டாயின. நீரையும் அம்மோனியாவையும் பெருமளவில் உடைய பல் பொருட் கூட்டங்களே வியாழன், சனி இவைகளின் வளர்ச்சி முறையில் முதல் கட்டமாக இருக்கலாம். முதலில் உள்ள கோளக்கப் பெருகலில் நீரும் அம்மோனியாவுமே, பாறைகளையும் இரும்பையும்விட முக்கியமாக இருந்ததால் வெளிப்புறக் கோள்களில், வியாழனும் சனியுமே மிகப் பெரியனவாக இருக்கவேண்டும் என்று எதிர்பார்க்கப்படலாம். ஆனால், உள்ளமைவில், பொருண்மைகளில் உள்ள ஏராளமான வேறுபாடுகளுக்குத் தெளிவாக இது மட்டும் போதாது இதனால் 10 மடங்கு அளவிலுள்ள மாறுபாட்டை விளக்கலாமே தவிர, 100 மடங்கு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அளவிலுள்ள மாறுபாட்டை விளக்க இயலாது. இதை விளக்க வேண்டுமானால், வியாழனும் சனியும், குளிர்வு பெறாத வாயுக்களை, ஏராளமான அளவில் ஹைட்ரஜனைப் போன்ற வாயுக்களைச் சேர்த்துக் கொண்டிருக்கலாம் என்று எண்ண வேண்டும்.

ஒரு கோள் வாயுப் பொருள்களை எப்படிச் சேர்த்துக் கொள்ள முடியும் என்று நினைக்கலாம். இதுவரை திண்மைப் பொருள், மற்றும் வாயுப்பொருள்களைக் கொண்ட பல் பொருட் கூட்டங்களிலிருந்து கோள்கள் உற்பத்தியானதைப் பற்றிக் கூறினோம். இந்த வழியில்தான் முதற்கண் கோள்கள் உருவாகியிருக்க வேண்டும். பெரிய பரிமாணமுடைய ஒரு பொருள் ஆக்கப்பட்ட பிறகு அந்தப் பொருளின் ஈர்ப்புப் புலம் குவிவு நடைமுறைக்கு முக்கிய காரணியாகிறது. புதிதாக உற்பத்தியான கோள் வாயுவில் மூழ்கியிருந்தால், அதாவது இளமை நிலையில் இருக்கும் வியாழன் சனி இவைபோல் இந்த நிலை நன்றாகப் ஏற்படும். உட்புறக் கோள்களில், வாயுப் பொருட்களை இழுத்துக்கொள்ளக் கூடிய அளவிற்கு முதல் முதலில், போதிய பரிமாணமுள்ளதானால், அப்பொழுதுதான் வாயுப் பொருள்கள் இக்கோள்களின் சுற்றுப் பாதைக்குப்பால் அகற்றப் பட்டிருக்க வேண்டும். இவ்வாறு, உட்புறக்கோள்கள் ஏன் குறைந்த

அளவில் மட்டுமே நீர், நியான் (Neon) மற்றும் அம்மோனியா முதலானவற்றைச் சேர்த்துக் கொண்டிருக்கின்றன என்பதை உணரலாம். இந்த உண்மையைச் சரியான முறையில் விளக்க வேண்டியது தேவை என்பதை ஹெரால்டு யூரே (Harold Urey) என்பவர் வலியுறுத்தியிருக்கிறார்.

இது தற்செயலா ? உட்புறக் கோள்கள், அவைகளின் சுற்றுப் பாதைக்கப்பால் வாயுக்களை விலக்கிய பிறகே கூடி அமைந்தன என்பது ஒரு தற்செயலான நிலையா ? இது தற்செயலான நிலையே இல்லை என்று நினைக்கிறேன். எந்த விதமான ஏதேச்சையான காரியமும் புவியின் தோற்றம், (origin) புவியிலுள்ள உயிரினங்களின் தோற்றம் ஆகிய காஸ்மிக் விளைவுகளின் முற்போக்கில் காணப்படும் விளைவுத் தொடர்களில் இருக்க முடியாது என்று நம்புகிறேன். மற்றும், பிற்காலத்தில் உட்புறக் கோள்களாக அமைவதற்கு ஏதுவான சிறிய பொருட் கூட்டங்கள் இன்னும் ஹைட்ரஜன் வாயுவில் மூழ்கிக் கிடக்கும் போழ்து வேண்டிய பசைப் பொருள்கள் இருந்திருக்க முடியாது என்றும் நான் நினைக்கின்றேன்; வாயுக்கள், வியாழன், சனி (ஆகிய கோள்களின்) சுற்றுப் பாதைக்கு வெளிப்புறமாக விலகிய பிறகே பசைப் பொருள்களின் இருப்பிற்கான ரசாயன மாற்றங்கள் ஏற்பட்டிருக்கவேண்டும். இது (ரசாயன மாற்றம்) கூட்ட அளவில் சிறிய பாறைகளுக்கும் இரும்பிற்கும் இடையே ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும்.

யூரேனஸ், நெப்டியூன் இவைகளின் தோற்றம் (The origin of Uranus and Neptune)

யூரேனஸ், நெப்டியூன் இவைகளின் தோற்றத்தைப்பற்றித் தகுந்த விளக்கம் கொடுக்கவேண்டுமானால் நான்கு பிரச்சினைகளைத் தீர்க்கவேண்டும். முதலாவது, வாயுவிலிருந்து குளிர்வுறும் பொருட்களின் இயற்கை அமைப்பு யாது என்பது. வாயுக்கள், வியாழன், சனி இவைகளின் சுற்றுப்பாதைக்கு அப்பால் விலகும் பொழுதே நீரையும் அம்மோனியாவையும் இழந்திருக்க வேண்டும். ஒருவேளை கீழ்நிலையிலுள்ள நீரகம், கரியகம் இணைந்த சேர்மப் பொருள்கள் தாம் வாயுவிலிருந்து குளிர்வு நிலையைத் துவக்கியிருக்கலாம். பெரிய (கருதக்கூடிய அளவில் பெரிய) பரிமாணங்கள் உள்ள பொருள்களை உற்பத்தியாக்க ஏதுவாக இருக்கும் பசைப் பொருள்கள் யாவை என்பதை நிர்ணயிப்பதே இரண்டாம் பிரச்சினையாகும். மூன்றும் பிரச்சினை, ஏன் பெரிய பொருள்கள், ஹைட்ரஜன் வாயுவானது யூரேனஸ் நெப்டியூன் ஆகியவைகளின் வட்டாரங்களிலிருந்து விலகி விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயு மேகங்களுக்குள் புகுமுன் ஆக்கப்படவில்லை என்பதாகும். நான்

...வது பிரச்சினை, ஏன் ஹைட்ரஜன் சூரியக் குடும்பத்தின் வெளிப் பகுதிகளிலிருந்து வெளியேறியது என்பதாகும். ஏன் ஹைட்ரஜன் வெளியேறியது என்பதற்கு விளக்கமாக அநேக காரணங்கள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. சூரியனிலிருந்து வரும் அல்ட்ரா வைலட் கதிர்களின் செயல் விளைவே இதற்குக் காரணம் என்று சில வானநூல் அறிஞர்கள் கருதுகிறார்கள். மற்றும் சிலர் கோள்களின் ஆக்கப் பொருளுக்கும், விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்களுக்கும் இடையே ஏற்பட்ட மோதலினால் இருக்கலாம் என்று கருதுகிறார்கள். மூன்றாம் கருத்து, சூரியக் குடும்பத்தின் அருகில் உள்ள ஒரு வெளிச்சமான விண்மீனின் வெப்பத்தினால் ஹைட்ரஜன் விலகிச் சென்றிருக்கலாம் என்பதாகும். இவைகளுள் மூன்றாம் கருத்தே நடைமுறைக்கு ஏற்றதாக இருக்கின்றது. சூரியனுக்கு வெகு அருகில் போய்ச் சேர்வதற்குத் தேவையான ஒரு விண்மீன் இருந்திருக்கலாம் என்பதற்குக் காரணங்கள் இருப்பதால் இந்தக் கருத்து சரியானதாக இருக்கலாம் என்று தோன்றுகிறது. இதைப் பின்னொரு அத்தியாயத்தில் எடுத்துச் சொல்லலாம்.

மூன்றாவது பிரச்சினை, கருநக்கூடிய பனிப்பொருளையுடைய கூட்டங்கள் ஹைட்ரஜன் தப்பிச் செல்லுவதற்கு முன் உண்டாகப்படவில்லை என்பது ஒரு பொருத்தமான பிரச்சினையைத் தோற்றுவிக்கின்றது. தங்களுடைய ஈர்ப்புப் புலன்களின் விளைவாக வாயுவை இழுத்துக்கொள்ளக் கூடியவைகளான இக் கூட்டங்கள் முதல் முதலில் உண்டாகியிருந்தால், யூரேனஸ், நெப்டியூன் இவை ஏராளமான அளவில் ஹைட்ரஜனை உடையனவைகளாக இருக்க வேண்டும்—அதாவது, வியாழன், சனி இவை ஏராளமான அளவில் ஹைட்ரஜனை உடையனவாய் இருப்பது போல, உட்புறக் கோள்களைப் போல், ஹைட்ரஜன் உள்ளளவையில் பனிப் பொருள்கள் இருக்கவில்லை என்பதைக் காண்பித்தாலும், ஹைட்ரஜன் நீங்கிய பிறகு ரசாயன மாற்றத்தினால் பனிப் பொருள் உண்டாக்கப்பட்டன என்று வைத்தாலும், மிகவும் பொருத்தமான ஒரு விடை காணலாம். இதனால் எதேச்சை விளைவு சார்பற்ற விடை நமக்குக் கிட்டுகிறது.

மீதேன் (methane) நியான் (neon) முதலிய வாயுக்கள் ஹைட்ரஜனைப்போல சூரிய மண்டலத்திலிருந்து ஆவியாகி மறைவதில்லை. போதிய அளவில் இந்த வாயுக்கள் சேர்ந்ததுடன் ஈர்ப்பு ஆற்றலால் (gravitational action) காக்கப்படும். யூரேனஸ், நெப்டியூன் ஆகிய கோள்களின் பெரும் பகுதியான பொருள்களை நியான், மீதேன் ஆகியவற்றால் ஆனவை என்றே சொல்லலாம்,

மேலும் உள்ள பிரச்சினைகள் (Further problems)

படைப்பின் முழுமை அளவில் ஒப்பிடும்பொழுது ஞாயிற்றுக் குடும்பம் மிகச் சிறியதாயினும் இதற்குரிய பிரச்சினைகள் மிகவும் சிக்கலானவை என்பது மேற் கூறியவற்றிலிருந்து தெளிவாகும். ஆகையினால், பல தலைமுறைகளில் தோன்றிய வான நூல் அறிஞர்களை இப் பிரச்சினைகள் ஏமாற்றியிருக்கின்றன. ஓர் அறிபொருளின் (subject) கவர்ச்சியற்ற நிலையான 'தெளிவு பெற்றது' என்ற இந்த நிலையை அடைவதற்குமுன் ஏராளமாகச் சிந்திக்கவேண்டியிருக்கின்றது. அறிவியலின் கிளர்ந்தெழும் கவர்ச்சி, ஒன்றைத் துரத்திச் செல்வதில்தான் இருக்கிறதேயன்றி, அதைக் கொல்வதில் இல்லை.

மேலே ஆராய்ந்த பொருள்கள் நாம் தீர்க்கவேண்டிய பிரச்சினைகளில் ஒரு சிலவே ஆகும். இவைகளைத் தீர்த்த பிறகுதான் நம்முடைய அமைப்பைப் பற்றிக் கூடியவரை முழுமையான தெளிவைப் பெறலாம். எல்லாப் பிரச்சினைகளையும் நன்றாக ஆராய வேண்டுமானால், அந்த முயற்சி இந்த அத்தியாயத்தின் எல்லைக்கு மிக்க புறம்பானதாகும். ஆகையினால் மேலும் உள்ள பிரச்சினைகளைப்பற்றி இனிச் சொல்லப் போவது தேவையான அளவு மிகவும் சுருக்கமாகவே இருக்கும்

சிறிய திண்மைப் பொருள்கள் கூட்டுகளாகப் பெரிய திண்மைப் பொருள்களாக எவ்வாறு அமைகின்றன என்பதை அதிகமாக விளக்கவேண்டும். கூட்டமைப்பு ஏற்படப் பசைப்பொருள் தேவையாக இருக்கலாம் என்று உணர்வது ஒரு முக்கிய நிலையாகும். ஆனால், இது முழு உண்மையாகாது. இதுபற்றி நாம் கேட்கக் கூடிய கேள்விகள் பல உண்டு; உதாரணமாக ஒவ்வொரு பெரிய கூட்டமைப்பும் ஒரு தனிக் கோளாக ஆயிற்றா? புவியைப் பொறுத்தவரை, ஒரு பெரிய கூட்டுப் பொருள் சிறு பொருள்களின் சேர்க்கையால் படிப்படியாக வளர்ச்சி அடைந்ததா அல்லது பல பெரிய கூட்டுப் பொருள்கள் ஒன்றாகச் சேர்ந்ததினால் புவி அமையப்பெற்றதா, அதாவது திங்களின் (Moon) பரிமாணமுடைய கூட்டுப் பொருள்களின் சேர்க்கையால் அமையப் பெற்றதாகச் சொல்லலாமா? இதற்கான இந்தக் கேள்விகளுக்கான குறிப்பைக் கோள்களின் சுழல் அச்சுக்கள் எவ்வாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்பதை ஆராயும்பொழுது பெறலாம்.

புவி சுழலும் அச்சு, அது ஞாயிற்றைச் சுற்றிவரும் பாதையுடன் 67° சாய்மானத்தில் இருக்கின்றது. இதற்குப் பொருத்தமான மற்றக் கோள்களின் சாய்மானங்கள் இங்கே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

கோள்	சுழல் அச்சு ஞாயிற்றைச் சுற்றும் அந்தக் கோளின் சுற்றுப் பாதை தளமட்டத்துடன் உண்டாக்கும் சாய்மானம்
புதன்	87° (?)
வெள்ளி	80° (?)
புவி	66·5°
செவ்வாய்	65°
வியாழன்	89°
சனி	62°
யூரேனஸ்	-7°
நெப்டியூன்	70°

இந்த அளவீடுகளின் பொருத்தம் யாதெனில் பெரிதான ஒரே கட்டுப் பொருளால் ஆக்கப்பட்ட ஒரு கோளின் சாய்மானம் கிட்டத்தட்ட 90° அளவில் இருக்கும் என்று எதிர்பார்க்கலாம். புதன், வெள்ளி, வியாழன் ஆகிய கோள்களே இந்த வகையைச் சேர்ந்தவை, மற்றக் கோளங்கள் ஒப்பிடத் தகுந்த பரிமாணத்தை உடைய இரு கட்டுப் பொருள்களின் உறைதலிலும் ஆனவை. யூரேனஸைப் பொறுத்தவரையில் இது உண்மையே. இதன் சுழல் அச்சு இது ஞாயிற்றைச் சுற்றிவரும் பாதையின் மட்டத் தளத்திலேயே ஏறக்குறைய பொருந்தியிருக்கின்றது. ஒருவேளை யூரேனஸ், ஒரே பரிமாணமுள்ள இரண்டு பொருள்களின் உறைதலால் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். சுழல் அச்சின் விந்தைக்குரிய இந்தத் திசையைப்பற்றி இவ்வாறுதான் விளக்கலாம். யூரேனஸ் 'ஆண்டுப் பருவங்கள்' மிகவும் மாறுபட்டனவாகவே இருக்கவேண்டும். ஞாயிறு மத்தியக் கோட்டின் அருகில் உள்ள இடங்களுக்கு நேர் தலை உச்சியிலோ அல்லது ஏறக்குறைய அந்த இடங்களுக்கு மேலாகவோ இருப்பது புவியில் நாம் காணும் காட்சி; யூரேனஸில் அப்படி இராது. ஞாயிறு ஓர் ஆண்டில் சில காலங்களில் நேர் உச்சியிலோ அல்லது ஏறக்குறைய உச்சியிலோ இருக்கும் காட்சியை யூரேனஸில் குறிப்பிட்ட இடங்களில்தான் காண முடியு மென்று சொல்ல முடியாது. ஞாயிறு ஒரு துருவத்திற்கு நேர் உச்சியில் அல்லது ஏறக்குறைய உச்சியில் இருக்கும்பொழுது பல புவி வருடங்கள் **(earth years)** அப்படியே நிலைத்திருக்கும்.

கட்டுப் பொருளின் அமைப்பைப் பற்றிய செய்திகளை அறியப் பொறுத்திருக்கும் வினாவை உள்ள மற்றொரு பிரச்சினை யாதெனில் கோள்களினுடைய துணைக் கோள்கள் கட்டுச் சேர்க்கையில் எஞ்சிய பொருள்களினால் ஆக்கப்பட்டவை என்று எளிதாகச் சொல்லிவிடலாம். ஆனால், இது போதாது. ஏது கடின

மான பிரச்சினையென்றால், ஏன் அநேக துண்டுகள் மிகுதியாக விடப்பட்டன என்பதல்ல, ஏன் இன்னும் அநேக துண்டுகள் மிகுதியாக விடப் படவில்லை என்பதேயாகும். ஏன் புவி ஒரு டஜன் துணைக்கோள்களைப் பெறவில்லை? ஏன் புதனும் வெள்ளியும் துணைக்கோள்களே அற்றனவாய் உள்ளன? இந்த மாதிரியான கேள்விகளுக்கு எளிதில் விடை கூற முடியாது என்று நான் கருதுகிறேன். இந்தப் பிரச்சினை மிகவும் நுண்ணிய பொருளியக்க ஆய்வு முறையினால்தான் தீர்க்க முடியும். ஒரு விடையும் இது வரையில் காணப்படவில்லை.

தற்போதைய கோட்பாட்டின் சிறப்பு என்ன வென்றால் ஒரு கோள் ஞாயிற்றை விட்டுத் தொலைவாக அமைய அதன் துணைக்கோளின் அடர்த்தி குறையும் என்று 91 ஆம் பக்கம் உள்ள அட்டவணையிலிருந்து காணப்படும் ஒரு நிலையைத் தெளிவாக்குகின்றது. திங்கள் பாறை—இரும்புப் பகுதியில் (rock–iron zone) உருவாக்கப்பட்டது. ஐஓ (Io) மற்றும் யூரோப்பா (Europa) என்ற வியாழனின் துணைக்கோள்கள் இந்தப் பகுதியின் முடிவைக் காட்டுகின்றன. ஏற்கனவே வியாழனின் பெரிய இரு துணைக் கோள்களான கானிமீடு (Ganymede) மற்றும் காஸ்டெல்லோ (Catsello) என்பவை இன்னும் குறைந்த அடர்த்தியுடைய பொருள்களுடையனவாகும்; ஒரு வேளை இது நீராக இருக்கலாம். சனியின் கோள்கள் பிரத்தியேகமாக நீரையும் அம்மோனியாவையும் உடையதாக இருக்கலாம். டிட்டனின் (Titan என்னும் துணைக்கோளின்) அடர்த்தி 2 என்ற அதிக அளவில் இருப்பது சிக்கலான ஒரு பிரச்சினைக்கு இடமாகும். 1 க்கு அருகில் உள்ள அடர்த்தி அளவு பிரத்தியேகமாக நீர், அம்மோனியா இவைகளைக் கொண்ட ஒரு துணைக்கோளின் அமைப்பிற்குத் தகுந்ததாகும்.

பாறை–இரும்புப் பகுதியின் முடிவு நிலையைப் பற்றி இப்பொழுதுதான் கூறப்பட்டது. இந்தப் பகுதி வியாழனில் அல்லாமல், புதன் வியாழன் இவைகளின் இடைப் பகுதிகளில் ஏற்கனவே முடிவடைந்தது என்று எடுத்துக்கொள்ள மிகவும் ஆவலாக இருக்கின்றது. இவ்வாறு வைத்தால் புதனின் சுற்றுப் பாதையின் உட்புறத்திலிருந்து வெளிப்புறம் வரை பரவியுள்ள ஒரு பாறை–இரும்புப் பகுதி கிடைக்கும். இந்தக் கருத்தின் சிறப்பு யாதெனில் உட்புறக் கோள்களின் பரிமாணம், வரிசை நிலை இவைகளைப் பற்றிய தகவலைக் கொடுக்கிறது. இவை எல்லாவற்றையும் ஒன்று சேர்த்தாலும் திங்களளவில் பெரியதான ஒரு கூட்டுப் பொருள்கூட கிடைக்கிறது. சிறு கோள்கள் (asteroids)

கடைசியாக எஞ்சியுள்ள பாறை, இறுதி இளைகளிலும் ஏற்பட்டவை. நடுநிலை பரிமாணமுடைய கோள்களை உண்டாக்க முதலாக நிலையில் குறைந்த அளவில் உள்ள பாறை இரும்பு எஞ்சியதால் ஏற்பட்டவை. இவ்வகையான சிறு பொருட்கூட்டங்களின் அமைப்பிலிருந்து பெற்றுக்கொள்ள கருத்து உறுதியாகின்றது. அதாவது, கோள்களின் ஆக்கத்தில் முதலாவது நிலை பல சிறு பொருள்களின் குளிர்கோளம் என்பது. எப்படியோ, வியாழன், பிற கோள்களின் எல்லையிலிருந்து ஐ. ஓ. ஆரோப்பா என்ற துணைக்கோள்களுக்கான ஆக்கப் பொருள்களைப் பிடித்திருக்கவேண்டும்.

உயிர் வகையின் பிறப்பு (The origin of life)

இது உயிர் நூல் அறிஞர்களுக்கும் (biologists) உயிர் வேதியியல் அறிஞர்களுக்கும் (biochemists) ஏற்ற பிரச்சினையாகிலும், வான நூல் அறிஞரும் முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டிய ஒரு பிரச்சினையாகும். இல்லாவிட்டால் இது புறக்கணிக்கப் படலாம்.

உயிர் இயக்கத்தின் அடிப்படைக் கொள்கை தெளிவாக இருக்கிறது. ஞாயிற்றிலிருந்து வரும் அல்ட்ரா வயலெட் கதிர்களின் செயலினால் எளிய பொருள்களான நீர், மீத்தேன், அம்மோனியா இவைகளின் கூட்டுப்பொருள் கூட்டணுக்களாக அமைக்கப் பெறுகின்றன. இவை தற்காலிகமான, எளிதில் உடைக்கக்கூடியவைகளாகும். அதாவது அவிழ்ந்து ஆகிட்டுப் பின்னர் 20 அல்லது 30 தனி அணுக்களைக் கொண்ட கூட்டணுக்களாகும். இந்தக் கூட்டணுக்கள் அல்ட்ரா வயலட் ஒளியினால் கொடுக்கப்பட்ட ஒள் ஆற்றலை ஓரளவான அளவில் வைத்திருக்கின்றன. ஆற்றல் மிகுதிப்படியை உள்ளடக்கி வைத்திருக்கும் கூட்டணுக்கள் இந்தக் கூட்டணுக்களை விலக்க நடையை மாற்ற மடைகின்றன என்பது ஒரு பொது விதி. சாதாரணமான நுழைப் பொருட்களில் ஒரு விதப் பின்-முறிவு (break-back) ஏற்படும் என்றும் இதனால் சேமிக்கப்பட்டிருக்கும் ஆற்றல் வெளிப்படுத்தப்படும் என்றும் நாம் எதிர்பார்க்கலாம். ஆனால் ஒரு முக்கிய இருப்பின் விளைவினால், புவியின் மேல் உள்ளவாறு தாக்குப்பிடித்தக்க அளவில் குறைந்த வெப்பத்தை உடையனவாயின் இவ்வாறு நடப்பதில்லை. இந்த இருக்கால நிலையைப் பொறுத்துத்தான் உள்ளது உயிரினங்களின் நிலை. இவ்வாறு தேவையான ஒவ்வொரு நிலை இல்லாததினாலும் கூட்டணுக்கள் அவைகளின் ஆற்றலை இழந்து ஒன்றோடொன்று கூடி மேலும் மேலும் சிக்கலுற்ற கூட்டணுக்களாக மாறுகின்றன, ஒவ்வொரு மாற்றிலும் சிறிது ஆற்றலை வெளிப்படுத்துகின்றன. இவ்வாறான சேர்க்கைக்கு அல்ட்ரா வயலட் கதிர்கள் தேவையில்லை என்பதும்

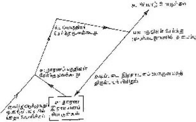
ஆற்றல் சேமிப்புகளால் கூட்டணுக்களை அமைக்கவே இவை தேவைப்படும் என்பதும் நாம் கவனிக்கவேண்டியவை.

கடைசியாக, கூட்டணுக்கள் மிகவும் பெரியனவாகி இவைகளின் கூட்டமைப்பு இன்னும் பெரிதாகி இதனால் அடிப்படைப் பொருள்களாகத் தகர்ந்துவிழ வாய்ப்பு ஏற்படுகிறது. இதனால் அல்ட்ரா வயலட் ஒளியின் உற்பத்தி செய்யும் இயல்பினால் ஏற்படும் ரசாயனச் சுழல்முறை 6ஆம் படத்தில் விளக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இத்தச் சுழல்முறையின் முக்கியத் தன்மையாதெனில், அடிப்படை ரசாயனப் பொருள்களாகப் பின்-முறிவினால் மாறுவதற்கு முன்பாகவே உருவாகும் எளிதற்ற கூட்டணுக்களின் அமைப்பேயாகும். இந்த அமைப்புகளின் தன்மை ஒருவேளை நுண்ணிய வகையில் சூழ்நிலைகளைப் பொறுத்தும், அதாவது வெப்ப நிலை, அல்ட்ரா வயலட் ஒளியின் செறிவு (intensity), அடிப்படை ரசாயனப் பொருள்களின் திட்பப் பெருக்கு இவைகளைப் பொறுத்தும் இருக்கலாம்.

எந்த நிலையில் உயிர் வகைகள் ஏற்பட்டிருக்கலாம் ? இதற்கு விடை உயிர்வகை என்பதின் பொருளைப் பொறுத்திருக்கும். உயிர் வகைகளைப் பற்றி நமக்கு அதிகமாகத் தெரிந்தால் அப்பொழுது உயிர் வகைகளுக்கும் உயிரற்ற வகைகளுக்கும் அதிக மாறுபாடு இல்லை என்பது தெளிவாகும். இம்மாறுபாட்டைக் குறிக்கும் பிரிவுக் கோட்டை எங்கு வரையலாம் என்பது பெரும்பாலும் நாம் தேர்ந்தெடுப்பதைப் பொறுத்திருக்கும். இதனால், நாம் சாதாரணமாகச் சொல்லும் பொழுது, நாய் உயிருடனிருக்கிறது, கல் உயிரற்றது என்ற வழக்குச் சொற்களுக்கு மதிப்பில்லை என்று ஆகாது. ஒரு பணக்காரனைப் பற்றியும், ஓர் ஏழையைப் பற்றியும், செல்வத்திற்கும், ஏழ்மைக்கும் இடையிலுள்ள பிரிவுக் கோட்டைப் பற்றிக் குறிப்பிடாமலேயே, நாம் பேசலாம். ஒரு நாய் உயிருடனிருக்கின்றது என்று நாம் சொல்லும்பொழுது அந்நாயின் பொருள் நிலை ஒரு பிரத்தியேகத் தன்மையில் இருக்கின்றது என்று குறிப்பிடுகிறோம். இத்தன்மை கல்லின் பொருட்கூற்றிலிருந்து கருதத்தக்க வகையில் மாறுபட்டிருக்கும் என்பது பொருள் நாயின் குணாதிசயமும் கல்லின் குணாதிசயமும் இயற்பொருளின் (matter) இரண்டுவகை வெளிப்படைத் தன்மைகளாகும்.

யாதெனில் உயிர்வகையின் தோற்றத்திற்கு ஏற்ற வரைபொருள் ஓர் அமைப்பு. இதேபோன்ற அமைப்புகளை ஏற்படுத்துவதற்கான முதனிலைப் படிவமாக (blueprint) அமைவது (மிகவும் எளிதற்ற கூட்டணுக்களால் ஆக்கப் பெற்றது) ஆகும். இங்கும்

சில நாட்களில் ஏற்படுகின்றன. சில சமயங்களில் ஒரே அமைப்பு எளிதற்ற ரசாயன அமைப்புகளின் முன்னிலையில் தன்னைப் போன்ற அமைப்பை மீண்டும் உருவாக்கக் கூடும். ஆனால், இது ஞாயிற்றுக் கதிர்வீச்சினால் மட்டும் உருவாக்கப்பட்ட கூட்டணுக்களின் முன்னிலையில் இவ்வாறான அமைப்புகளை உருவாக்க இயலாமற் போகலாம். இதற்குத் தொற்று நச்சுத்தன்மை (virus) ஓர் எடுத்துக்



படம் 6. உயிர் வகையின் தோற்றம்

காட்டாகும். ஒரு தொற்று நச்சு இதர எளிதற்ற அமைப்புகளின் முன்னிலையில் ஒரு முதலியைப் படிவமாக இயங்கும். ஒரு தொற்று நச்சு உயிருள்ளதா? இதற்கான விடையெல்லாம் உயிர் என்று எதைக் குறிப்பிடுகிறோம் என்பதைப் பொறுத்திருக்கிறது.

நடைமுறையில் எம்முடைய அடிப்படை ரசாயன பின் முறிவு உயிர் வகையின் ஆக்கத்தில் முக்கியப் பங்குடையதாகும். நாங்கள் முறியாமலே இதர அமைப்புகளை முறிவதற்கும் தன்மையுள்ள சில அமைப்புகள் தோன்றியிருக்கின்றன. என்சைம்ஸ் **(enzymes)** என்று சொல்லப்படும் செரிமானப் பொருள் வகைகள் தாவரங்களுக்கும், மிருகங்களுக்கும் தேவையான ஆற்றலை வெளிப்படுத்துகின்றன.

வான நூலிற்குப் பொருத்தமான அளவில் மட்டும் நாம் விவரிப்போமே தவிர உயிர்களின் வேதியியலைப் பற்றி விரிவாகக் கருதப் போவதில்லை. உயிர் இனங்கள் புவியில்தான் முதல் முதலில் தோன்றின என்று எப்பொழுதும் கருதப்பட்டது. பௌதிக ரீதியிலும், ரசாயன முறைப்படியும் வாய்ப்புகள் புவியின் கூட்டமைப் பிற்கு முன்பாகவே எளிதற்ற கூட்டணுக்கள் தோன்றி அமை

வதற்கு ஏற்றதாக இருந்திருக்கின்றன. ஞாயிற்றிலிருந்து வெளி வரும் அல்ட்ரா வயலட் கதிர்களில் மிகவும் சிறிய பின்னப் பகுதியையே புவி தடுத்து ஆட்கொள்ளுகிறது. ஆனல், கோள்களின் உற்பத்திக்கு மூலகாரணமான வாயுக்களோ இக் கதிர்களை ஏரான மான அளவில் தடுத்திருக்கின்றன ஆகையினுல் கோள்களின் உருவாக்கத்திற்குப் பிறகு இருப்பதைவிட அவை உருவாவதற்கு முன்பு தான் ஆற்றலின் பிறப்பிடம் அதிக அளவில் இருந்திருக்க வேண்டும்.

கோள்களின் உற்பத்திக்கு முன்பே உயிர் வகைகள் தோன்றி யிருக்கலாம் என்பதற்கு ஏற்ற ஆதாரம், எளிதற்ற கூட்டணுக்கள் எவ்வாறு அமையப்பெற்றன என்பதைத் தீவிரமாக ஆராயும் பொழுது கிடைக்கின்றது. இதற்கு அநேக இன்னும் சிறிதாக உள்ள கூட்டணுக்களின் சேர்க்கை இன்றியமையாதது. எவ்வாறு இச்சிறிய கூட்டணுக்கள், ஒன்றோடொன்று சேர்ந்தன? கூட் டணுக்கள், உதாரணமாக, கடலில் கரைந்தால் சரியான கூட் டணுக்கள் ஒன்று சேர்வது இயலாது (இதற்கு வாய்ப்பு மிகக் குறைவு). இதனுல், கடல் உயிரினங்களின் உற்பத்திக்கு ஏற்ற இடமல்ல என்று தோன்றும். பெர்னல் (Bernal) என்பவர் இந்தச் சேர்க்கைப் பிரச்சினையைத் தீர்க்கவேண்டியது தேவையாகும் என்று சுட்டிக் காட்டியிருக்கின்றார். மேலும், ஒரு கெட்டித் துகளின் மேற்புறத்தில் கூட்டணுக்களை ஒரு மெல்லிய சவ்வு (film) போன்று பூசினுல் வாய்ப்புக் கிட்டும் என்றும் இவர் கருது கிறார். இதற்குத் தகுந்த நிலை கோள்கள் கூட்டமைப்பாக அமை யப் பெறுவதற்கு முன்பேயாகும். அதாவது, இவைகளின் அமைப் பிற்கு ஏற்ற மூலப் பொருள்கள் தனித்தனியாக உள்ள சிறு பொருட் கூட்டங்களாக இருக்கும்பொழுதுதான்.

கோள்களின் இடைச் சார்புள்ள (inter planetary) உயிரினப் பிறப்பு, புவி முற்றிலும் உருகிய பொருளிலிருந்து ஆக்கப்பட்டது என்று கருதும் காலங்களில், சாத்தியமற்றதாய்ப் போய்விடும். ஏனென்றல், உருக்கப்பட்ட பொருளின் அதிக வெப்ப நிலை எளி தற்ற உயிர் கூட்டணுக்களை (complex organic molocules) முற்றி லும் அழித்துவிடும். இப்பொழுது, புவி, பல குளிர்ந்த நிலையி லுள்ள பொருள்களின் கூட்டமைப்பால் ஏற்பட்டதென நம்புவ தால் மேற்சொன்னதை உறுதியெனக் கருத முடியாது. புவியின் ஆழ்ந்த உட்புறப் பகுதிகளில் வெப்பநிலை, அழுத்தத்தின் விளைவாக அதிகமாக இருந்தாலும், மேற்புறப் பகுதிகளில், முக்கியமாகக் கூட்டமைப்பு நிலைகளில், வெப்பநிலை மிகவும் குறைவாகவே இருந் திருக்கலாம். இந்த நிலையில், ஏற்கனவே சிக்கல் வாய்ந்த ரசாயனப்

பொருள்கள் புவியுடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கலாம் என்பதை என்னால் நிராகரிக்க முடியவில்லை.

உயிர் நூல் அறிஞர்களும் கண்டறிவதற்கு நுட்பமான காலத்தைப் பற்றியதே தான் நாம் எடுத்துக் கொண்டுள்ள உயிரினங்களின் தோற்றத்தைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியாகும். ஒரு-அணுடைய அணு உயிரினத்திலிருந்து (amoeba) மனிதனாக வளர்ச்சியுறும் நீண்ட வாழ்க்கைச் சரித்திரத்தின் ஒரு பகுதியேயாகும். முதலாவது நிலையில் அணு உயிரிலும் மிகவும் எளிதற்ற ஓர் அமைப்பாகும். அணு உயிரினம் உண்டாவதற்கு முன்பே உயிரினத்தின் மூலத்திற்குரிய கடுஞ் சிக்கலான நிலை முடிந்திருக்கவேண்டும். இந்த முன் விளைவுகளுக்குரியதே (பொருத்தமே) நாம் மேற்கொண்ட கருத்துக்கள், விலங்குகளும், தாவரங்களும் கோள்களின் இடைவெளிகளில் உண்டானவை என்பதற்கு எவ்வித ஆதாரமும் இல்லை. ஆனால், உயிரினங்களின் அடிப்படை உருவாக்கம் அங்கே ஏற்பட்டிருக்கலாம்.

மற்றக் கோள்களின் அமைப்பைப் பற்றிய இன்னும் சில தகவல்கள் (More about other planetary systems)

இந்த அத்தியாயத்தை முடிப்பதற்குமுன் காந்தப் புலன்களின் முக்கியத்துவத்தை வலியுறுத்துவோம். காந்தப் புலன்கள் ஞாயிற்றின் சுழற்சி வேகத்தைக் குறைத்து வாயு வட்டத் தட்டை ஞாயிற்றை விட்டு அப்பால் படுத்துவது நம் கோட்பாட்டிற்கு ஒரு முக்கியமான கருத்தாகும். இந்த விளைவை ஏற்படுத்தக் கூடிய காந்தப் புலன்கள் இல்லையாயின் என்ன ஏற்படும் என்பதை நினைத்துப் பார்த்தால் காந்தப் புலன்களின் முக்கியத்துவம் விளங்கும்.

ஞாயிற்றுக்குள்ளிருந்து அமைப்பு ஒரு வட்டத் தட்டைத் உண்டாக்கி இந்தத் தட்டு பெரிய அளவில் புதனின் சுற்றுப் பாதைக்குக் குறைவான அளவில் சுருங்கிவிட்டது என்பதைப் பார்த்தோம். இம்மாதிரியான நிலை காந்தப் புலன்களில்லாவிட்டாலும் ஏற்படலாம். ஆனால், ஞாயிறு சுருங்குவதற்கு அளவில் பெரிதான ஒரு வட்டத் தட்டை உற்பத்தி செய்துவிடும். இந்த வட்டத் தட்டு ஞாயிறு சுருங்கும் வரை வளர்ந்துகொண்டே போகும். இந்த நிலையில் இந்த வட்டத் தட்டில் எவ்வளவு பொருள் தங்கியிருக்கின்றது என்பதைக் கணக்கிட்டுப் பார்த்தால், இதன் பொருண்மை ஞாயிற்றின் பொருண்மையுடன் ஒப்பிடும் அளவிற்கு இருக்கும் என்பது புலனாகிறது. இதன் உட்கிடையானது இந்தத் தட்டு சுருங்கும் பொழுது (ஒளிர்வடையும் பொழுது) அது

சிறிய கோள்களாக அமையாமல், ஒரு பெரிய விண்மீனாக ஞாயிற்றிற்கு ஒப்பிடக்கூடிய அளவு பெரிதாக, ஒரு வேளை ஞாயிற்றை விடச் சற்றுச் சிறிதாகவும் அமைக்கப்படும்.

ஆகையினால், காந்தப்புலன் இல்லாவிட்டால் ஞாயிற்றுச் சுருக்கம் ஓர் இரட்டை விண்மீன் தொகுதியாக அமைக்கப்படும். இந்த இரண்டு விண் மீன்களும் ஒன்றுக்கொன்று அருகாமையிலேயே, இவற்றிற்கிடையே உள்ள தொலைவு புதனின் சுற்றுப் பாதையின் அரைவிட்டத்தைக் காட்டிலும் குறைவாகவே இருக்கும். இவை ஒன்றை யொன்று ஏறக்குறைய வட்டப்பாதைகளிலேயே சுற்றி வரும். இந்த இரண்டு உறுப்புக்களும், காந்த விளைவு இல்லாவிட்டால், மிகவும் வேகமாகச் சுழன்று கொண்டிருக்கும்.

இவ்வாறு உள்ள விண்மீன் தொகுதிகள் உண்மையில் காணப்படுவது மிகவும் மகிழ்ச்சிக்குரியது. இவைகளை w உர்ஸாமேஜோரிஸ் (w ursa majoris) விண்மீன்கள் என்று அழைக்கிறார்கள், w உர்ஸாமேஜோர் என்ற வகை விண்மீன் இவ்வாறுளதால் (பெருங்கரடி மண்டலத்தில் w என்ற பட்டிக் குறிப்பை உடைய விண்மீன் ஒட்டி) இதற்கு இப்பெயர் ஏற்பட்டது. இந்த நிலை காந்த விளைவு முற்றிலும் இல்லாத, அல்லது இவ்விளைவு மிகவும் குறைவாக உள்ள தறுவாய்களில் ஏற்படலாம் என்று தோன்றுகிறது. அத்தகைய நிலை ஒரு சதவீதத்திற்கும் குறைவானதால், ஞாயிற்றுச் சுருங்கலே சாதாரணமாக நாம் ஒப்புக்கொள்ளக் கூடிய ஒரு நிலையாகும்.

விண்மீன்களில் பெரும்பான்மையானவை, ஞாயிற்றைப் போலவே மெதுவாகச் சுழலும் விண்மீன்களாகும். ஞாயிற்றிற்கு ஏற்பட்ட வேகக் குறைவு இவ் விண்மீன்களுக்கும் ஏற்பட்டிருக்கவேண்டும். ஆகையினால், பெரும்பாலான விண்மீன்களில் ஒவ்வொன்றைச் சுற்றிலும் கோள் குடும்பங்கள் (ஞாயிற்றைச் சுற்றி உள்ளதுபோல்) ஏற்பட்டிருக்கவேண்டும் என்று எதிர்பார்க்கலாம். அப்படியானால் பால் மண்டலத்தில் உள்ள கோள் குடும்பங்களின் எண்ணிக்கை ஏறக்குறைய 100,000 மில்லியன்களாகும். சாதாரணமாக மெதுவாகச் சுழலும் விண்மீன்களின் எண்ணிக்கை இந்த அளவில் இருப்பதால் இவ்வாறாகிறது.

பல அரிய நிகழ்ச்சிகள் ஒவ்வொன்றாக வரிசையாக ஏற்பட்டிருந்ததால் தான் புவியில் உயிரினங்கள் தோன்ற முடிந்தது என்று சிலர் கூறியிருக்கின்றார்கள். தற்போது கொடுக்கப்பட்ட கோட்பாடு ஒவ்வொரு நிலையிலும் இந்தக் கொள்கைக்கு நேர்மாறாக உள்ளது

திரு கோள்கள் ஞாயிற்றுக்கு அருகாமையில் ஏற்பட்டது ஓர் எதிர் பாராத தற்செயலான நிகழ்ச்சியே அல்ல. மற்றும் கோள்களின் கூட்டமைப்பும் ஒரு தற்செயலான நிகழ்ச்சி அல்ல. மற்றக் கோள் குடும்பங்களில் வேறு எந்த விதமான நிகழ்ச்சியும் ஏற்பட்டிருந்தால் இது வியக்கத் தக்கதாக இருக்கும் என்று நான் நினைக்கின்றேன். உயிரினங்களின் பிறப்பும் ஒரு தற்செயலான நிகழ்ச்சியல்ல என்று தெரியவருகிறது.

வாழும் உயிரினங்கள் பேரண்டம் முழுவதும் சாதாரணமாகக் காணப்படவேண்டும் என்று தோன்றுகிறது. விண்மீன்களின் ஒவ்வொன்றிற்கும் இடையில் உள்ள தொலைவு மிகு அதிகமாக உள்ளதால் (சாதாரண அளவில்) ஓர் உயிரினக் கூட்டம் மற்றொரு உயிரினக் கூட்டத்தோடு தொடர்பு கொள்வது இயலாமற் போகிறது. இதை அண்டத்தின் ஒரு துயர நிகழ்ச்சியாகவே கருதலாம். இது வருந்தத்தக்க ஒரு நிலையாகும். ஏனென்றால், ஒவ்வொரு விதக்கொள்கைகளையும் ஆதரிப்பவர்கள் அந்தந்தக்கொள்கைகளின் சிறப்பு குறித்த அவர்களின் கருத்துக்களை உறுதிப்படுத்துவார்கள் (பெரிய செயல்களான சேர்க்கை, தாக்குதல் தவிர மற்றும் இதர சொல்லையும் குறிப்பிடலாம்). இதற்குப் பிறகு பால் மண்டலத்தில் உள்ள இதர பகுதிகளைப் பற்றித் தங்களிடம் உறுதிப்படுத்த முயலுவார்கள். இதுமட்டுமன்றி, வரி செலுத்துபவர்களின் எண்ணிக்கையும் மிகவும் அதிகமாகும், 2,500 மில்லியன் நபர்களுக்கு மட்டுமே மன்றி, 250,000,000,000,000,000 நபர்களுக்கும் வரி விதித்து, பால்மண்டலத்தின் பாதுகாப்பைத் தகுந்த அளவில் வலுவாகத் திட்டமிட்டு அமைக்கலாம்.

7. ஞாயிற்று வளிமண்டலத்தின் புதிர்

(The Mystery of the Solar Atmosphere)

முன் அத்தியாயத்தில் குளிர்வடைந்த ஒரு பாதையைப் பின்பற்றிச் சென்றோம். நிகழ்ச்சிகள் நிகழ்ந்து 4,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் கழிந்த பிறகு நாம் பின்பற்றிச் செல்லுகிறோம். இந்த அத்தியாயத்தில் நிகழ்ச்சிப் பாதை வெப்பமாக இருந்த போதிலும் இடர்ப்பாடுகள், பிரச்சினைகளைப் பொறுத்த வரை, நீங்காது என்பதைக் காண்போம். அதாவது, நம் கண்முன் நடக்கும் நிகழ்ச்சிகளாயினும் இடர்ப்பாடுகள் நீங்கா. ஞாயிற்றின் வளி மண்டலத்தைப் பற்றிய ஒரு வியப்பூட்டக் கூடிய புதிரான பிரச்சினை ஒன்றே போதும். இப்புதிரை ஆராய்வதற்கு முன் புதிரை ஏற்படுத்தும் வளி மண்டலத்தை ஆராய்வோம்.

கண் கூசாமலிருப்பதற்காக ஒரு கருமை நிறமுடைய பளிங்கு நிறக் காகித (dark cellophane paper) மூலம் ஞாயிற்றை உற்று நோக்கினல் அதன் விளிம்பு மிகவும் கூர்மையாக, அதாவது ஒரு குறித்த இடத்தில் முடிவடைந்தது போல் காணப்படும். இந்த இடத்தை ஒளிக் கோசம் (photosphere) என்று அழைப்பார்கள். இந்த இடத்திலிருந்துதான் பெரும்பாலும் ஞாயிறின் ஒளி வீசுகிறது. இந்த ஒளிக் கோசத்திலேயே ஞாயிறு முற்றிலும் முடிந்து விடவில்லை (அமைப்பில்). இது மங்கலான ஒரு வெளிப்புற வளி மண்டலத்தையும் உடையதாகும். இவ்வித வளி மண்டலத்தைப் படம் XII-ல் காணலாம். ஒளிக் கோசத்திலுள்ள கடுமையான ஒளி ஞாயிறின் ஒளி மறைவினுல், அதாவது திங்கள், புவிக்கும் ஞாயிற்றிற்கும் இடையில் கடந்து செல்லும்பொழுது, மறைக்கப்பட்ட சமயம் இந்தப் படம் எடுக்கப்பட்டது. ஒளிக்கோசத்திற்கு மேற்புறம் 10,000 கிலோ மீட்டர்கள் உயரத்திற்கு ஞாயிறின் வளி மண்டலத்தின் அடிப்புறம் (ஒப்பிடுவதற்காக ஒளிக்கோசத்தின் அரை விட்டம் 700,000 கிலோ மீட்டர்கள் என்று வைத்துக்

கொள்ளலாம். க்ரோமோஸ்பியர் (chromosphere) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இதை விட உயரத்திலுள்ள வளி மண்டலப் பகுதி கரோனா (corona) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

இந்த வளி மண்டலம் ஏன் ஒரு சிக்கலான பிரச்சினைக் குரியதாகும் என்பதை உணர, நாம் வளி மண்டலத்தை நேரில் பார்க்காமலிருந்தால் என்ன எதிர் பார்ப்போம் என்பதை ஆராய்வோம். ஒரு பேரளவு கனைக்கீட்டுப்படி ஞாயிறு தன்னை மூடித் துக் கொள்ளும் என்றும் இம்முடிவு ஓர் எளிய சமமற்ற முடிவாக இருக்கும் என்றும் எதிர்பார்க்கலாம். ஒளிக் கோளத்தை விட்டு மேலே செல்லச் செல்ல ஞாயிற்றுப் பொருளின் அடர்த்தி மிகவும் விரைவாகக் குறைந்து கொண்டே போகும் என்றும் இரண்டு அல்லது மூன்று ஆயிரம் கிலோ மீட்டர்கள் உயரத்திலேயே அடர்த்தி மிகக் குறைவாகி விடும் என்றும் எதிர் பார்க்கலாம். ஒளிக் கோளத்தின் அரை விட்டம் இதை விட அதிகமானதால் சுமார் 700,000 கிலோ மீட்டர்களானதால் வளி மண்டலம் ஒரு மெல்லிய தோலாகப் படர்ந்திருக்கும் என்று எதிர் பார்க்கலாம். படம் XIII ஐ பார்த்தால் வளிமண்டலம் ஒரு மெல்லிய தோலாக அமையவில்லை என்பதைக் காட்டுகிறது. வளிமண்டலம் ஒரு பெரிய கனமான போர்வையாகும். இந்தப் போர்வை ஏன் இருக்கின்றது என்பதை விளக்குவது ஒரு பிரச்சினையாகும்.

இந்தப் பிரச்சினை மிகவும் சிந்தனைக்குரியது. ஏனென்றால், இது தொடங்கும் பொழுதே எதிர் பார்த்த காரியங்களைச் செய்து விடும் போலத் தோன்றுகிறது. முதல் ஒன்று அல்லது இரண்டு ஆயிரம் கிலோ மீட்டர்கள் உயரத்தில், நாம் எதிர்பார்ப்பது போல், அடர்த்தி மிகவும் விரைவாகக் குறைகிறது. பிறகு இந்தக் குறைவு திடீரென நின்று மறுபடியும் மெதுவாக உயரம் அதிகரிக்கத் தானும் அதிகரிக்கின்றது. இந்தக் குறிப்பான மாற்றம், பொருளின் வெப்ப நிலையைப் பற்றிய ஒரு விளக்கத்தக்க நிலையை ஏற்படுத்துகிறது.

முதல் 2,000 கிலோ மீட்டர்கள் உயரத்திலிருந்து ஒளிக் கோளத்தின் வெப்ப நிலையைப் போலவே (இவ்வளி மண்டலத்தின்) இதன் வெப்ப நிலையும் இருக்கும். இந்த உயரத்திற்கு மேல் போகப் போக வெப்ப நிலை சற்றுக் குறைவதற்குப் பதில், அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்கிறது. 3,000 கிலோ மீட்டர்கள் உயரத்தில், வெப்பநிலை ஏறக்குறைய 7,000° C ஆக இருக்கலாம். 4,000 கிலோமீட்டர்கள் உயரத்தில், வளி மண்டலத்தின் சில பகுதிகளில் 20,000° C அளவிற்கு மேற்பட்ட வெப்ப நிலை

இருக்கலாம். க்ரோமோஸ்ஃபியரின் உச்சியில், அதாவது 100,000 கிலோ மீட்டர்கள் உயரத்தில் வெப்பநிலை 100,000° C அளவிற்கு வெகு விரைவாக அதிகரிக்கும். இவ்வித அதிகரிப்பு மேலும் வளர்ந்து கொண்டே யிருக்கும். கரோனுவில் 100,000 கிலோ மீட்டர்கள் உயரத்தில் வெப்பநிலை கிட்டத்தட்ட ஒரு மில்லியன் டிகிரிகளுக்கு இருக்கும். ஏன் வெப்பநிலை இவ்வாறு நம்ப முடியாத விதத்தில் அதிகரிக்க வேண்டும் ?

இந்தக் கேள்விக்கு விடை அளிப்பதற்கு முன் வெப்ப நிலையின் பொருளைப் பற்றி நாம் கவனிப்போம். வெப்பநிலை என்பது ஞாயிற்று வளி மண்டலத்திலுள்ள துகள்களின் சராசரி எதேச்சை இயக்கத்தின் அளவிடாகும். U நிலுவைப் பற்றிய இவ்விதக் கருத்தை 'இயக்க வெப்பம்' (kinetic temperature) என்று அடிக்கடி குறிப்பிடுவதுண்டு. முன் சென்ற பத்தியில் கொடுக்கப் பட்டபடி பார்ப்போமே யானல் ஒளிக் கோசத்திலிருந்து மேற்புறம் செல்லச் செல்லத் துகள்களின் சராசரி இயக்க வேகம் அதிகரிக்கும் என்று ஆகும். படம் XII-ல் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கும் வாயுக்களிலுள்ள அணுக்களின் வேகங்கள், பெரும்பாலும், கிட்டத்தட்ட ஒரு மணிக்கு ஒரு மில்லியன் மைல்களாகும்.

இன்னொரு விதத்தில், பொருள்களிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர் வீச்சு, செறிவு இவற்றின் அளவைக் குறிக்க வெப்பநிலை என்ற சொல்லைப் பயன்படுத்துவர். ஞாயிற்றின் மிக உட்புறப் பகுதிகளிலுள்ள பொருளைப் பற்றிப் பேசும்பொழுது இவ்வாறு வெப்பநிலையின் பொருளைக் கொள்ளலாம். ஆனுல், ஞாயிற்றின் வளி மண்டலத்தைப் பற்றிக் குறிப்பிடும் பொழுது இந்தப் பொருளைக் கொள்ள முடியாது. ஞாயிற்றின் வளிமண்டலம் 'கதிர்வீச்சு வெப்பநிலையாகிய' (radiation temperature) 1,000,000°C அளவில் வெப்பநிலை யுடையதாயின் இவ்வளிமண்டலம் ஒளிக்கோசத்தை விட அதிக வெளிச்சமுடையதாக இருக்கவேண்டும். இந்த வெப்ப நிலையில் வளிமண்டலத்திலிருந்து வெளிவரும் கதிர்வீச்சு புளூட்டோ என்ற கோளை ஆவியாக்கிவிடும். நல்ல வேளையாக ஞாயிற்றின் வளிமண்டலத்தின் வெப்பநிலை இயக்க வெப்பநிலையாகவே இருக்கின்றது.

இதனுல் ஞாயிற்றின் வளிமண்டலம் கதிர்வீச்சை வெளிப் படுத்துவதில்லை என்று கொள்ளக் கூடாது. இது கதிர்வீச்சை வெளிப்படுத்துவதன்றி, இக்கதிர்வீச்சு ஒரு குறிப்பிட்ட வகையானதாகும் என்றும் கொள்ளலாம். வளிமண்டலத்தின் மேற்பகுதிகள் X–கதிர்களையும், பார்க்கக்கூடிய ஒளியையும் வெளிப்படுத்து

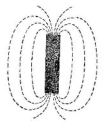
கின்றன, கீழ்ப்பகுதிகள் அல்ட்ரா வயலட் ஒளியை வெளிப்படுத்துகின்றன. இந்தக் கதிர்வீச்சே புவியின் வளிமண்டலத்திலுள்ள பிரசித்தி பெற்ற அயனி அடுக்குகளை (ionised layer) உண்டாக்கப் பயன்படுகின்றன.

ஞாயிற்றின் வளிமண்டலத்தின் கதிர்வீச்சு வெளிப்பாட்டைத் தவிர ஒளிச்சிதறல் என்ற நிகழ்ச்சியும் நடைபெறுகிறது. இது என்ன என்பதை எளிதாகத் தெரிந்துகொள்ள ஒரு திரையின் இடுக்குவழியே ஞாயிற்று ஒளி கடந்துவரும்பொழுது ஓர் ஒளிக் கற்றையில் (beam of light) மினுக்கும் தூசிகளைப் பற்றிச் சிந்தித்துப் பார்க்கவேண்டும். இந்தத் தூசுகள் ஒளியைச் சிதற வைக்கின்றனவே அல்லாமல் ஒளியை வெளிப்படுத்துவதில்லை. இவ்வித ஒளிச்சிதறல் ஓர் ஒதுக்கு வேலையாகும் (deflecting process). இதேபோல் ஒளிக்கோசத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியில் சிறிதளவு ஒளியை ஞாயிற்றின் வளிமண்டலத்திலுள்ள துகள்கள் சிதறச் செய்கின்றன. ஞாயிற்றின் முழு ஒளி மறைவின் (total solar eclipse) போது ஞாயிற்று வளிமண்டலத்தை ஒளிப்படமாக்கினல், அப்பொழுது புகைப்படக் கருவி (camera) யின் உள்ளே ஊடுருவிச் செல்லும் பெரும்பான்மை ஒளி, வளிமண்டலத்திலுள்ள துகள்களினல் ஒதுக்கப்பட்ட ஒளிக்கோசத்தின் ஒளியேயாகும். படம் XII-ல் கொடுக்கப்பட்ட ஒளிப்படம் சிதறப்பட்ட இவ்வாறன ஒளியில் எடுக்கப்பட்டதேயாகும்; முன் பத்தியில் விவரிக்கப்பட்ட அல்ட்ராவயலட் ஒளி அல்லது X-கதிர்கள் இவைகளின் உதவியால் எடுக்கப்பட்ட ஒளிப்படம் அல்ல. பின்னர்க் கொடுக்கப்பட்ட இந்தக் கதிர் வீச்சைக் கடல் மட்டத்தில் காணமுடியாது. ஏனென்றல், இது நம் வளிமண்டலத்தின் மேற்புறங்களில் உட்கொள்ளப்பட்டுவிடும். அதாவது அயனி அடுக்குகள் உள்ள பகுதிகளால் உட்கவரப்படும். ஆனல், இதை மிகவும் உயரப் பறந்துகொண்டிருக்கும் ராக்கெட்டுகளின் மூலம் கண்டறியலாம். வெகு தொலைவு செல்லக்கூடிய ராக்கெட்டுகளைப் பற்றிச் சமீபத்தில் நடத்தப்பட்ட இராணுவ ஆராய்ச்சியை இந்தக் காரியத்திற்குச் சிறந்த முறையில் பயன்படுத்தலாம்.

வெப்பநிலை, கதிர்வீச்சு இவைகளைப் பற்றி இவ்வாறு நம் கவனத்தைச் செலுத்திய பிறகு இனி நம் அத்தியாயத்தின் முக்கிய பிரச்சினையைப் பற்றி ஆராய்வோம். ஏன் ஞாயிறு ஓர் உப்பிய வளி மண்டலத்தை உடையதாக உள்ளது? கரோனவின் இயக்க வெப்பநிலை ஏன் இவ்வளவு அதிகமாக இருக்கவேண்டும்? வான நூல் அறிஞர்களிடையே இந்தக் கேள்விகளுக்கான விடைகளில் வருந்தத்தக்க நிலையில் ஒருவிதக் கருத்து ஒற்றுமையுமில்லை. ஆகை

யினுல் தற்போது சர்ச்சை செய்யப்பட்டுவரும் மூன்றுவித விடை களைப் பற்றித் தனித்தனியே ஆராய்வது அவசியமாகும். இருந் தாலும் இக்கருத்துக்களில் ஏதாவது ஒன்று சரியானதாகும் என்று நான் நினைக்கிறேன். கருத்து வேற்றுமை இதில் எந்தக் கருத்தைப் பற்றி என்பதுதான்.

இந்த மூன்று கருத்துக்களையும், 'காந்தக் கருத்து' 'ஒலி அலைக் கருத்து' மற்றும் 'உள் வீழ்ச்சிக் கருத்து' (infall theory) என்றும் தெளிவாகப் பிரித்துக் கொள்ளலாம். நான் இவைகள் மூன் றையும் ஒருதலைப் பட்சமின்றி விவரிக்கின்றேன். ஆனால், எனக்கு உகந்தது 'உள்வீழ்ச்சிக் கருத்தே' ஆகையினுல் நான் (என்னை) இந்த விருத்தில் நடுநிலை யுள்ளவனுகக் கருத முடியாது. இவைகளில் முத லாவதாகக் கூறப்பட்டது வழக்க மாகக் காணமுடியாத வகையைச் சேர்ந்தது. இது ஞாயிற்றிலுள்ள காந்தப் புலன்களைப் பொறுத்தது. இது மிகவும் புதுமையானதால் காந்தச் சார்புள்ள கருத்தைப் பற்றி விவரிக்கு முன் இதைப் பற்றிக் கூறு வோம். ஞாயிற்றில் காந்தப் புலன்கள் உள்ளன என்பதற்குத் தருந்த சில ஆதாரங்களைப் பற்றி விவரிப்போம். ஞாயிற்றைச் சேர்ந்த காந்தப் புலன்கள் அமைந்திருப்பது முன் அத்தியாயத்தில் கொடுக்கப்பட்ட கோட்பாட்டிற்கு முக்கியமாகும். கேள்விகளின் உற்பத்தி காந்தப் புலன்களை ஒரு முக்கிய வகையில் சார்ந்திருக் கின்றன என்பதை நினைவுபடுத்திக் கொள்ளவேண்டும்.



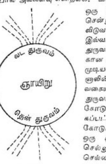
படம் 7.

ஞாயிற்றில் காந்தப் புலன்கள் (Magnetic fields in the Sun)

ஒரு சாதாரண காந்தத்தைச் சுற்றி இரும்புத் தூள்கள் எப்படி அமைகின்றன என்பதை 7ஆம் படம் காண்பிக்கிறது. இரும்புத் தூள்கள் காந்தப்புலனின் விசைக்கோடுகளில் அமைந்திருக்கின்றன. இந்த விசைக்கோடுகளைத் தெளிவாகப் படத்தில் காணலாம். இப்பொழுது, 7ஆம் படத்தை, படம் XIIல் கொடுக்கப் பட்ட கிரோணவின் புகைப் படத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும். ஞாயிற்றின் துருவங்களில் உள்ள பொருள் ஒரு காந்தப் புலனின் விசைக்கோடுகளில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன என்ற ஒரு மறுக்க முடியாத ஓர் உணர்வைக் கொடுக்கிறது. இந்த அமைப்பு 7ஆம்

படத்தில் கொடுக்கப்பட்ட காந்தத்தின் முனைகளிலிருந்து வெளிப்பட்டு வருவது போல் விசைக் கோடுகள் ஞாயிற்றின் துருவங்களிலிருந்து வெளிப்பட்டு வருகின்றன. இந்தக் கருத்தின் உண்மையை H. D. பாப்காக், H. W. பாப்காக் (H. D. and H. W. Bobcock) என்பவர்கள் விளக்கிக் கூறியிருக்கிறார்கள். இவர்கள் ஒரு காட்சி ஆராய்வு மூலம் காந்தப்புலன்கள் உண்மையாகவே ஞாயிற்றின் துருவங்களிலிருந்து வெளிப்பட்டு வருகின்றன என்று காண்பித்திருக்கின்றார்கள்.

ஞாயிற்றின் புலன்கள் ஒரு சாதாரண காந்தத்தின் புலன்களைப் போல் அவ்வளவு எளிதல்ல. விசைக்கோடுகள், ஒரு காந்தத்தின் ஒரு முனையில் புறப்பட்டு வளைந்து சென்று மற்றொரு முனையில் புகுந்து விடுவதை 7 ஆம் படத்தில் காணலாம். இவ்வாறான நிலை ஞாயிற்றின் இரு துருவங்களிலும் ஏற்படும் என்பதற்கான ஆதாரங்கள் படம் XII-ல் காண முடியவில்லை. உண்மையாகவே கரோனவின் துருவப் பகுதிகளை நுண்ணிய வகையில் ஆராய்ந்தால் ஞாயிற்றின் துருவங்களிலிருந்துவெளிப்படும் விசைக் கோடுகள் 8 ஆம் படத்தில் கொடுக்கப்பட்டது போலிருக்கும். இந்த விசைக் கோடுகள் ஞாயிற்றை விட்டு அப்பால் ஒரு குறுக்குப் பாதையில் (bee-line) செல்லும். இவை அப்பால் செல்லச் செல்ல மறுபடியும் வளைந்து மற்றொரு துருவத்திலிருந்து வெளிவரும் விசைக் கோடுகளுடன் சேர்ந்து விடும் என்பதற்கு ஆதாரம் குறைவாகிறது. இந்த விசைக் கோடுகள் எங்குச் செல்கின்றன? இந்தக் கேள்வி விடையே அளிக்கமுடியாத ஒரு புதிராக உள்ளது. இந்த விசைக் கோடுகள் வெளிச் சென்று விண் மீன்களின் இடைகளிலுள்ள வாயுக்களுடன் சேர்ந்து விடவேண்டும் அல்லது ஞாயிற்றை விட்டு வெகு தொலைவாகச் சென்ற பிறகு மறுபடியும் ஒன்றாகச் சேர்ந்துவிட வேண்டும் என்று உறுதியாகிறது.



படம் 8.

இன்னும் இரண்டு ஆதாரங்களிலிருந்து ஞாயிற்றில் காந்தப் புலன்கள் உள்ளன என்று காணலாம். ஒன்று ஞாயிற்றின் சுடர்க் கொழுந்துகளிலிருந்தும் (Prominences) மற்றொன்று ஞாயிற்றுக் கறைகளிலிருந்தும் கிடைக்கின்றன. சுடர்க் கொழுந்துகள் அவ்வப்

போது ஏற்படும் கரோனாவில் உள்ள குளிர்ந்த பொருள்களின் இடக் கரும்பகுதிகள் கிடைக்கின்றன. சாதாரண நிலையில் இருக்கும் பொழுது, கரோனாவில் உள்ள சூடான பொருள் திரட்டுகள் அல்ட்ரா வயலட் ஒளியையும், X-கதிர்களையும் வெளிப்படுத்துவது போல் இல்லாமல் இந்தக் குளிர்ந்த நிலையில் சாதாரண ஒளியையே வெளிப்படுத்தும். இந்தச் சாதாரண ஒளியில் எடுக்கப்பட்ட பெரிய சுடர்க்கொழுந்துகளின் நிழற்படத்தைப் படம் XIV-ல் காணலாம். இச் சுடர்க்கொழுந்து ஒரு விசித்திரமான வளைவான வடிவத்திலிருப்பதைப் பார்க்கலாம்.

இந்தச் சுடர்க்கொழுந்துகளின் குளிர்ந்த பொருள்கள் ஒரே இடத்தில் தங்குவதில்லை. இவை வளைவுகளின் வழியே ஞாயிற்றில் பொழிந்துவிடும். பெரும்பான்மையான சுடர்க்கொழுந்துகளில் ஒரு வித இயக்கம் காணப்படுவது கரோனாவின் உள்ள பொருள் திரண்டு கருக்கி (குளிர்வடைந்து) தொடர்ந்து ஒரு விழும்பொருளை உண்டாக்குவதாலாகும். இதனால் விசித்திரமான பிரச்சினைகள் ஏற்படுகின்றன. ஒரு பொருள் சூழ்கும்பொழுது விழாது. ஈர்ப்பு விசைகள் மட்டும் அப்பொருளின் மேல் செயல்படின் (act) இந்நிலையில் விழுவது இயலும். ஆகையினால் இதர விசைகள் செயல்பட்டிருக்க வேண்டும். இவை காந்த இயல்புடையவைகளாகவே இருத்தல் வேண்டும். கரோனாவில் உள்ள சூடான பொருள் எப்படிக் குளிர்ந்த சுடர்க்கொழுந்துகளாகக் குளிர்வடைகின்றன என்பது விளங்காத மற்றொரு பிரச்சினையாகும். இது காந்தப் புலன்களின் இன்னொரு விளைவு என்று கொள்ளலாம். ஆனால், எப்படிக் குளிர்வு ஏற்படுகிறது என்பதை நன்றாகப் புரிந்துகொள்வது இயலாது.

சுடர்க்கொழுந்துகளுடன் தொடர்புள்ள காந்தப் புலன்கள் கரோனாவின் அமைப்பில் இடச்சார்புள்ள மாறுபாடுகளை விளைவிக்கும். இவை சுடர்க் கொழுந்துகளைப் போலவே பொதுவாகக் வளைவு வடிவத்திலிருக்கும். இதைப் படம் XIII-ல் தெளிவாகக் காணலாம்.

ஞாயிற்றின் வலுவான காந்தப் புலன்களை ஞாயிற்றுக் கறைகளில் காணலாம். ஞாயிற்றுக் கறைகளைப் போன்ற அளவில் காந்த விசைகளைப் புவியில் ஒரு சோதனைக் கூடத்தில் செயற்கையாக அமைக்கலாம். ஆனால், இதை ஒரு சில மீட்டர்கள் தொலைவில் தான் பயன்படுத்தலாம். ஆனால், ஒரு ஞாயிற்றுக் கறையின் புலன்கள் பல ஆயிரம் கிலோமீட்டர்கள் தொலைவிற்குச் செயல்படும். இவை (ஒரு விதத்தில்) பெரியனவையினும் ஞாயிற்றைவிட மிகச் சிறியவை. ஆகையினால் ஒரு ஞாயிற்றுக் கறையின் காந்தப் புலனை ஞாயிற்றில் ஓர் இட நிகழ்ச்சியாகத் தான் கருத

வேண்டும். இந்தப் புலன் ஞாயிற்றுக் கறையை விட அதிகப் பரிமாண அளவில் பரவலாம். ஆனால் இந்நிலையில் இது வலிவு இழந்துவிடும்.

ஒரு தகுந்த பரிமாண முடைய ஞாயிற்றுக் கறையைப் படம் XV-ல் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இந்தக் கறைகளில் இருள் காணப்படுவது காந்தப் புலன்களின் சார்பினால் ஏற்படும் ஒரு விளைவாகும் என்பது இப்பொழுது பொதுவாக ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகிறது. ஏன் ஞாயிற்றுக் கறைகள் கருமையாகக் காணப்படுகின்றன என்பதைப் பற்றிச் சில குறிப்புகள் கொடுப்பது பொருத்தமாகும்.

ஞாயிற்றின் ஆழமான உட்பகுதிகளிலிருந்து மேற்புறத்திற்கு ஆற்றல் பெருக்கு ஏற்படுகிறது. ஞாயிற்றின் உட்பகுதிகளில் மூன்றில் இரண்டு பங்கில் ஏற்படும் ஆற்றல் பெருக்கை கதிர்வீச்சு நகர் முறை கடத்தல் (convection) என்ற முறையில் எடுத்துக் கொண்டு விடும் அதாவது, ஞாயிற்றிலுள்ள வாயுக்களின் கொதியினால் அல்லது கிளர்ச்சியினால் இது ஏற்படுகிறது. கொதிக்கும் நீர் வைத்துள்ள தட்டு எப்படி வெப்பத்தை உட்கொள்ளுகின்றதோ அதேபோல் இது ஏற்படுகிறது. இறுதியிலுள்ள ஒளிக் கோசங்களில் நகர் முறைக் கடத்தல் குறைவாக இருக்கும். இது கதிர் வீச்சுப் பெருக்காக மாறும். இந்தப் பின்-மாற்றம் ஒரு தற்செயலான நிகழ்ச்சியல்ல. இவ்வாறு செய்வதற்கென்று ஞாயிறு மிகவும் தக்கபடி தன்னை மாற்றிக்கொள்கிறது. அப்படி இல்லாவிட்டால் வெளிப்பட்டுச் செல்லும் ஆற்றலை நிலையாக அது வீசி எறிய முடியாது.

ஞாயிற்றுக் கறைகளிலிலுள்ள காந்தப் புலன்கள் ஆற்றல் பெருக்கைத் தடைசெய்கின்றன. அதாவது, நகர் முறைக் கடத்தல் எந்தப் பகுதிகளில் ஏற்படுகின்றனவோ அந்தப் பகுதிகளிலுள்ள பொருளைக் கொதிக்கா வண்ணம் தடுத்து இந்நிலையை ஏற்படுத்துகின்றது. இதனால் ஆற்றல் பெருக்கவில் தீவிரமான தடை ஏற்பட்டு ஒளிக் கோசங்களிலிருந்து வெளியில் ஆற்றல் வீசப்படுவது குறைக்கப்பட்டு விடும். ஆகையினால் ஒளிக்கோசங்களின் இதரப் பகுதிகளைவிட ஞாயிற்றுக் கறைகளின் மேற்புறம் கருமையாகக் காணப்படுகின்றன.

ஞாயிற்று வளிமண்டலத்தின் காந்த மூலத்திற்கான காரணங்கள் (Arguments in favour of the magnetic origin of the solar atmosphere)

மிகவும் அதிக அளவில் உள்ள ஞாயிற்று வளியின் துகள்களின் ஏதேச்சையான இயக்க வேகங்களைக் காந்தக் கோட்பாடு விளக்கு

கிறது. இது தொடர்ந்து எந்த அளவிலும் காணப்படுவது தெரியவில்லை. ஆனாலும் ஞாயிற்றுக் கறைகளும் படலக் கொழுந்துகளும் இதற்குப் பிரத்யேக விலக்குகளாகும். இதற்குத் தகுந்த உண்மைகளும், பல தடங்களும் இருக்கின்றன. கரோனாவினுள் அடையாளங்காணப்பட்ட அலைகளிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியிலிருந்து கரோனாவின் மிக வெப்பமான பகுதிகள் பொதுவாக ஞாயிற்றுக் கறைகளுக்கு அண்மைப் பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன என்று தோன்றுகிறது. இந்த வெப்பப் புள்ளிகள் ஞாயிற்றுக் கறைப் பகுதிகளிலிருந்து வெளிப்புறமாகப் பரவி விரிவடைகின்றன என்று W.O. ராபர்ட்ஸ் (W.O. Roberts) என்பவர் எடுத்துத் தெரியப்படுத்தினார். கரோனாவிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர் அலைகளைக் கணக்கிட்டு இதனால் இந்தக் கருத்து உண்மை என்பதை J. H. பிடிங்டன் (J.H. Piddington) R. D. டேவிஸ் (R. D. Davies) என்பவர்களும் நம்புகிறார்கள்.

காந்தக் கோட்பாட்டிற்குத் தகுந்த மற்றொரு ஆதாரம் ஒளிர்வு (flare) என்ற ஒருவித நிகழ்ச்சியாகும். ஒளிர்வு என்பது வளி மண்டலத்தின் கீழ்ப் பகுதிகளில் வெப்பமுற்ற ஒரு குறிப்பிட்ட இடமாகும். இவ் வெப்ப நிலை அடிக்கடி நிலைமைகளைப் பெருமளவில் ஏற்படுகின்றது. ஒரு பெரிய ஒளிர்வு ஞாயிற்றின் மொத்த மேற்பரப்பில் 10-ல் ஒரு சதவீதம் பரவியிருக்கும். இந்த முறையில் திடீரென வெப்பமுறுவது வெகு வேகமாக இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் துகள்கள் முதல் முதலில் ஒருவிதக் காந்த அலையிலும் ஏற்படுகின்றன என்பதாயும் இவை ஞாயிற்று வளிமண்டலத்திலுள்ள காந்தப் புலன்களின் மோதலிலிருந்தும் இருக்கலாம். ஞாயிற்று ஒளிர்வின்போது திண்ணமாக, வெகு வேகத்தில் இயங்கும் துகள்கள் ஞாயிற்றை விட்டு வெளியே அகன்ற கோணங்களிலுள்ள தாரைகளாக (wide angled jets) வீசி எறியப்படும். இவ்வாறு வீசி எறியப்பட்ட துகள்கள் புவியின்மேல் மோதும்பொழுது நாம் எளிதாகக் கண்டுபிடித்து விடலாம். இவை புவியின் காந்தப் புலன்களில் நாம் கண்டறியும் வகையில் குழப்பங்கள் ஏற்படுத்துகின்றன. இவை புவிக்காந்தப் புயல்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. பனிச்சென்று காணப்படும் வட துருவ ஒளிர்வு (aurora borealis) என்பது ஞாயிற்றுத் துகள் வீச்சினால் ஏற்படுவதாகும். ஆஸ்திரேலியாவைச் சேர்ந்த கதிர்வீச்சு இயல் நூல் ஆய்வாளர்களின் (radiophysicists) ஆராய்ச்சியிலிருந்து இந்தத் துகள் வீச்சினுடைய சமயம் ஞாயிறு மிக நீளமான கதிர் அலைகளை வெளிப்படுத்துகின்றன என்றும் தெரிகிறது. இந்த வெளிப்பாட்டு உற்பத்தி இடங்கள் (தகவ மூலங்கள்) கரோனாவின் வழியே வெளிப்புறமாக ஒரு நொடிக்கு 1,000 கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தில் பிரயாணம் செய்கின்றன. இது துகள்களின்

வேகத்திற்கு ஏறக்குறையச் சரியானதாகப் பொருந்தியிருக்கிறது. இந்த வேகத்தில் பிரயாணம் செய்து ஏறக்குறைய 40 மணி நேரத்தில் புவியை அடைகின்றன.

ஒரு விலக்குப் பகுதியாக, ஆஸ்திரேலியக் கதிரியக்க இயல் நூல் ஆய்வாளர்கள் முக்கியத் துகள்கள் வீசி யெறியப்பட்டுச் செல்லுவதற்குமுன் மிகவும் வேகமாகச் சென்றும்—அதாவது 300,000 கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தில் செல்லும்—துகள் கூட்டங்கள் செல்லக்கூடும் என்பதற்கு ஏற்ற ஆதாரத்தைச் சமீபத்தில் கண்டறிந் திருக்கிறார்கள் என்று கூறலாம். சில சமயங்களில் அண்டக் கதிர்த் துகள்களின் (cosmic ray particles) செறிவின் அசைவு புவியை, கடுமையான ஞாயிற்று ஒளிர்வு ஏற்பட்டு அரை மணி நேரத்திற்குப் பிறகு வந்தடைகின்றன. இந்த நிகழ்ச்சி மேற் சொன்ன வெகு வேகமாக இயக்கும் துகள் கூட்டங்களுடன் தொடர்புடையதாக இருக்கலாம்.

அதிக வேகத்தில் இயங்கும் தூகக்களைப்பற்றிய எல்லா ஆதாரங்களும் ஒரு காந்தச் செயலீட்டினால் ஏற்பட்டிருக்க கூடிய நிகழ்ச்சியாகிய இது, அதிகமாகவும் எதேச்சையாகவும் உள்ள வேகத்தில் இயங்கும் ஞாயிற்று வளி மண்டலங்களின் துகள்களின் இயக்கத்திற்குக் காரணம் காந்தக் செயல்முறையாகும் என்ற கருத்திற்குத் தகுதியை அளிக்கின்றது. ஒளிச்சுடர்கள் ஞாயிற்றுக் கறைப்பகுதிகளுடன் மிகவும் சம்பந்தப்பட்டதா யிருப்பதினால் அதிக வெப்ப நிலையுடைய பொருள்கள் ஞாயிற்றுக் கறைகளுக்கு அருகாமையில் ஏற்படுகின்றன என்ற கருத்தை ஊர்ஜிதப் படுத்துகின்றது இந்த வகையில் இருக்கும் இன்னொரு ஆதாரம் கரோனாவின் வெப்ப நிலை துருவங்களைவிட அதன் மத்திய தளத்தில் அதிகமாக இருப்பதேயாம். ஏனென்றால் ஞாயிற்றுக் கறைகள் ஞாயிற்றின் மத்திய தளப் பகுதியில் தான் காணப்படுகின்றன; துருவங்களில் காணப்படுவதில்லை.

காந்தக் கோட்பாட்டிற்கு எதிர்ப்பான வாதங்கள் (Arguments against the magnetic theory)

நிறமண்டலமும் (chromosphere) கரோனாவும் காந்தப் புலன்களால் பாதிக்கப்படுகின்றன என்பதற்கு ஆதாரங்கள் வெகு வலுவாக இருக்கின்றன. இதனால் காந்தச்செயல் முறைகளே கரோனா, நிறமண்டலம் இவைகளின் அமைப்பிற்கு அடிப்படைக் காரணங்கள் என்பதை நிரூபிக்க இயலாது. ஞாயிற்று வளி மண்டலத்தின் அமைப்பிற்கு வேறு காரணங்கள் இருந்தும் காந்தப் புலன்களினால் அசைவு ஏற்பட நேரலாம். ஆகையினால்

நம் பிரச்சினை காந்த அலைவு ஏற்படுகின்றதா என்பதல்ல. இது எந்நேரமும் ஏற்படுகின்றது. காந்தப் புலன்கள் அடிப்படையானவையா அல்லவா என்பதே நம் பிரச்சினை யாகும். முற்பகுதியில் கொடுக்கப்பட்ட காரணங்கள் ஒரு வெறித்த கருத்தாகும், அதாவது காந்தப்புலன்கள் அடிப்படையானவை என்ற கருத்து. ஆனாலும் இப்பொழுது இதற்கு எதிர்ப்பான கருத்துக்களை ஆராய்வது அவசியமாகும். இந்தக் கருத்துக்கள் மிகவும் வலுவானதாக இருப்பதினால், ஞாயிற்று வளிமண்டலம் காந்தக் கோட்பாட்டின்படி இருக்கின்றது என்பதை நம்புவது கடினம்.

ஞாயிற்றுக் கறைச் சுற்று (sunspot cycle) என்று சொல்லப் படும் 11-வருட கால வட்டத்தில் ஞாயிற்றுக் கறையின் எண்ணிக்கைகள் அதிகரித்துக்கொண்டும் குறைந்தும் வருவது நன்றாகத் தெரிந்ததே. உச்ச அளவில் ஏற்படும் ஞாயிற்றுக் கறைகளின் எண்ணிக்கை சிறுமத்தில் (minimum) ஏற்படும் எண்ணிக்கையைக் காட்டிலும் நூற்றுக்கணக்கில் அதிகமாக இருக்கும். ஞாயிற்று வளி மண்டலத்தின் வெப்பநிலை ஞாயிற்றுக் கறைகளினால் ஏற்பட்ட தானால் இதற்கான வளிமண்டலத்தின் பரிமாணம் வெப்பநிலை நிலைகளில் தகுந்த மாறுதல்கள் காணப்பட வேண்டும். மேலும் ஞாயிற்றுக் கறையின் உச்ச நிலையில் கரோனா நன்கு முதிர்ச்சி யடைந்திருக்க வேண்டும். முக்கியமாக ஞாயிற்றின் மத்திய தளப் பகுதியில் இவ்வாறு இருக்க வேண்டும்.

முன்னறிவாகவே கொடுக்கப்படும் இக்கலைகள் ஆராய்ச்சி யால் கண்டறியப்பட்ட உண்மைகளுக்குப் பொருத்தமாக இல்லை. ஞாயிற்று வளி மண்டலம் ஞாயிற்றுக் கறைக் கால வட்டத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் மாறுவது சரிதான். ஆனால், இம்மாறுதல் காந்தக் கோட்பாட்டின்படி ஏற்பட வேண்டிய மாறுதல்களை விட்டுக் குறைவாகத் தான் இருக்கும். மேலும் மாறுதல்கள் உண்மையில் நாம் எதிர்பார்த்தபடி இல்லாமல் தாறுமாறான விதமாகவே இருக்கின்றன. கரோனா பெரும் ஞாயிற்றுக் கறை களுடைய மத்திய தளப் பகுதியில் பெரிதாகக் காணப்படாமல் சிறுமப் பகுதிகளில் தான் அதிகரித்துக் காணப்படுகின்றது!

காந்தக் கோட்பாட்டிற்கு இன்னொரு முக்கியமான எதிர்ப் பைத் தெரிவிக்கலாம். ஞாயிற்றுக் கறைப்பகுதிகளில் வெப்பக் கரோனா வாயுக்கள் இருக்குமேயானால் இப் பகுதிகளிலிருந்து வெளிப்படுமோதத் தளைப் பொருள் பெருக்கும் காணப்பட வேண்டும். இவ்வாறான நிகழ்ச்சி ஒன்றும் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. XII, XIII இவைகளைக் கூர்ந்து நோக்கினால் கரோனாவின்,

அமைப்பு முக்கியமாக மத்திய தளத்திசையில்லாமல், அரை வட்டத் திசைகளில் தான் இருக்கும் என்பது தெளிவாகும்.

இந்த இடத்தில் தான் நாம் பெருமளவு தவறான கருத்துக்களை உடையவர்களாகக் காணப்படுவோம். ஒரு நிழற்படக் கலைஞர் தமக்கு வேண்டியபடி நிழற்படத்தை எப்படி அமைத்துக் கொள்வாரோ அதே முறை வான நூல் அறிஞர்களுக்கும் மிகவும் பயன்படக் கூடியதாகும். இந்த முறையில் படம் XIII-ல் கரோனாவின் கவான் அமைப்பை மட்டிலும் ஒளிப்படுத்தி, படம் XII-ல் துருவ இறகுகளை மட்டும் ஒளிப்படுத்தி யிருப்பதைக் காணலாம். ஆனால், இவ்வித ஒளிப்படங்களைச் சாதாரண மென்று கருதுவது எளிதல்ல; ஓர் ஒளிப்படத்தை நமக்குத் தேவையானபடி மாற்றி அமைக்கும் பொழுது, இந்த மாறுதலையும், எவ்வாறு மாற்றப் பட்டது என்ற உண்மையையும் நினைவில் வைக்க வேண்டும். படம் XVI இவ்வளவு கவர்ச்சியானதல்ல. ஏனென்றால் கரோனாவின் அமைப்புக் கூறுகள் இதில் அவ்வளவு தெளிவாக அமையவில்லை. ஆனால், படம் XVI உண்மையில் சரியான தாகும். கரோனாவின் சில அமைப்புகள் காந்தப் புலன்களின் அமைப்பை ஒட்டித் தான் தெளிவுபடுத்த முடியும். இந்த அமைப்புகள் ஒருவித விவரங்களேயாகும். கரோனாவின் முக்கிய அமைப்பு அரைவட்ட அமைப்பாகும். இது பொதுவாகக் கோள வடிவில் இருக்கின்றது. இந்த இரண்டையும் காந்தக் கோட்பாட்டின்படி தெளிவுபடுத்த முடியாது. ஆகையினால் ஞாயிற்று வளிமண்டலத்தில் காந்தப் புலன்கள் இருக்கின்றன என்றும், ஆனால், இவை அடிப்படையானவை அல்ல என்றும் கொள்வது பொருத்தமே. ஆகையினால் ஞாயிற்று வளிமண்டலத்தின் ஆக்கத்திற்கான உண்மைகளை வேறு இடங்களில் காண வேண்டும் என்று நினைக்கிறேன்.

ஒலி—அலைக் கோட்பாடு (The sound wave theory)

ஞாயிற்றின் ஒளிக்கோசங்களின் கீழ் வெகு ஆழத்தில் ஞாயிறு கொதித்துக் கொண்டேயிருக்கும். இங்குக் கொதித்துக் கொண்டிருக்கும் வாயு ஒளிக் கோசங்களின் மூலம் வெளிப்பட்டு வரும். இதை நேரிடையாக ஞாயிறை ஆராய்ந்தறியலாம். 1,000 கிலோ மீட்டர்கள் பரிமாணத்திலிருக்கும் அறைகளில் இந்த வாயு கொதிக்கும். இவைகளைச் சிறு மணிகள் (granule) என்று அழைப்பார்கள். M. ஷுவாரஸ்சைல்டு (M. Schwarzs child) என்பவரின் கருத்துப்படி ஒலி அலைகள் இயங்கும் வாயுக்களால் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இந்தச் சிறுமணிகள் ஒலிக்கின்றன. ஒலி அலைகள் ஒளிக் கோசங்களிலிருந்து ஞாயிற்று வளி மண்டலத்தை விட்டு மேற்புற

மாகப் பயணம் செய்கின்றன. இவ்வாறு செல்லும்பொழுது மேலும் மேலும் மெல்லியதான வாயுக்களைக் கடந்து செல்லும். இதனால் அவை மேலும் மேலும் வலக்காரமாகி கரோனாவை அடை யும் சமயம் வெகு வலக்காரமான அலைகளான அதிர்ச்சி அலைக ளாக மாறி விடும். இந்த அதிர்ச்சி அலைகளே கரோனாவில் மிக அதிக இயக்க வெப்ப நிலையை ஏற்படுத்துகின்றன என்று கருதப் படுகிறது.

இந்த முறையை ஒரு பொறித் தொடர்புள்ள இணைவான எடுத்துக் காட்டு மூலம் தெளிவுறலாம். ஒடுங்கிச் செல்லும் கயிற்றினால் ஒரு சவுக்கு செய்யப்படுகிறது. சவுக்கின் தடிப்பான பக்கம் ஆற்றலைப் பாய்ச்சி இதனால் ஒரு அலையைச் சவுக்கின் மெல்லிய பக்கத்தை நோக்கிச் செல்லும்படியாக்கலாம். சவுக் கின் ஒடுங்கலினால் அலை மேலும் மேலும் வலக்காரமாகி அது மெல்லிய முனையை அடையும் பொழுது அதன் இயக்கம் வெகு அதிகமாகி விடும். ஒரு சவுக்கின் பிளப்பொலி (crack) விரைவாகச் செல்லும் சவுக்குக் காற்றை வெகு கடுமையாகத் தாக்குவதினா லாகும். ஞாயிற்றின் வகையில் வெளி மண்டலத்தின் பொருளின் அடர்த்தி அலைகள் மேலே செல்லச்செல்லக் குறைந்து கொண்டே போவது சவுக்கின் ஒடுங்கலுக்கு இணையாகும். கரோனாவின் உயர்ந்த இயக்க வெப்பநிலை நுனியின் விரைவான இயக்கத்திற்கு ஒப்பாகும்.

இந்தக் கோட்பாட்டின்படி கரோனா ஞாயிறினின்றும் வெளிப் புறம் எவ்வளவு பரவலாக இருக்க வேண்டும் என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை. அதிர்ச்சி அலைகள் கரோனாவில் ஏற்படுவதினால் என்ன விளைவுகள் நேரிடலாம் என்பதை இதுவரை சரியாக ஆராயவில்லை. ஆகையினால் கரோனா, ஞாயிறிலிருந்து ஒரு குறிப் பிட்ட தொலைவில் முடிவடைந்து விடுகிறதா அல்லது மெதுவாக குறைந்து கொண்டே போகும் அடர்த்தியுடன் வெளிப்புற வான வெளி முழுவதிலும் பரவுகின்றதா என்பது தெரியவில்லை.

எந்த அளவில் ஆராய்ச்சி உண்மைகள் இதை ஆதரிக்கின்றன? கரோனாவில் மேலும் மேலும் உயரச் சென்றால் கடுமையான இயக்க நிலை ஏற்படுவதற்கான ஆதாரங்கள் இருக்கின்றனவா? ஓர் அளவில் இருக்கின்றன என்று சொல்லலாம். ஒளிக்கோளங் கள் வரை கொதித்துச் செல்லும் சிறுமணிகளின் வேகம் நொடிக்கு 0·5 கிலோ மீட்டராகும். நிறமண்டலத்திலுள்ள பொருள்களின் நொடிக்கு 20 கிலோ மீட்டர்கள் உள்ள வேகத்தோடும் மற்றும் கரோனாவில் சுமாராக நொடிக்கு 100 கிலோ மீட்டராக உள்ள வேகத்தோடும் இதை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும். இதிலிருந்து உயரம்

அதிகரிக்க வேகமும் அதிகரிக்கின்றது என்பது தெளிவாகின்றது. இது நல்லதாயிற்று. விவரங்களை ஆராயும் பொழுது நிலைமையில் போதிய ஆதரவு இல்லை. ஒளிக் கோசங்களிலிருந்து வெளிப்புறமாகச் செல்லும் பொழுது அடர்த்தியில் பெரும்பாலான குறைவு உயரத்தில் முதல் 2,000 கிலோ மீட்டர்களிலேயே ஏற்பட்டு விடும். அடர்த்தியில் இந்தக் குறைவு ஒளிக்கோசத்தைப் போல் ஒரு மில்லியனில் ஒரு பகுதி அளவிற்கு இருக்கும். ஆகையினால் இந்த 2,000 கிலோ மீட்டர்களில் பொருள்களின் வேகத்தில் வலக்காரம் (violence) மிக அதிக வளர்ச்சி யடைய வேண்டும். இது வரை இதற்கான யாதொரு ஆதாரமும் கிடைக்கவில்லை. இது வரையில் கண்டறியப் பட்டதிலிருந்து முதல் 1,000 கிலோ மீட்டர்களில் ஒருவித அதிகரிப்பும் இல்லை யென்றும், இரண்டாவது ஆயிரத்தில் ஓரளவு குறைவான அதிகரிப்பு இருக்கலாம் என்றும் தெரிய வருகிறது. இந்த ஆராய்ச்சியில் ஏதாவது தவறு இருக்கின்றது என்பதை உணர்ந்தாலன்றி மேற் சொன்ன நிலைமை கோட்பாட்டிற்குக் கடுமையான எதிர்ப்பாகும் என்பது உண்மை. இதோடு ஞாயிற்று வளி மண்டலத்தின் அடிப் பகுதிகளை விட்டு மேற்புறங்களில் (அதாவது ஒளிக்கோசத்தில் 2,000 கிலோ மீட்டர்களுக்கு மேல்) சென்றால் இப்பகுதிகளில் ஏற்படும் இயக்கங்கள் நம் கோட்பாட்டிற்கு ஏற்றவை யல்ல என்பதைச் சேர்த்துக் கொள்ளலாம். உண்மையாக ஏற்படும் இயக்கங்கள் பொதுவாகத் தடையற்ற ஓட்டமாகுமே யன்றி இது அலை ஓட்டமாகாது. இந்த இடர்ப்பாடுகளினால் நாம் மூன்றாம் கோட்பாட்டைக் கவனிப்போம்.

உள்வீழ்ச்சிக் கோட்பாடு (The infall theory)

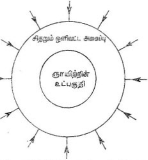
ஞாயிறும் மற்ற விண்மீன்களும் ஒரு வெற்றிடத்தில் இயங்கவில்லை. மிகவும் பரவலாயுள்ள ஒரு வாயு விண்மீன்களின் இடைவெளிகளில் நிரம்பி யிருக்கின்றன. படம் XI-ல் ஒரு தனிப்பட்ட அடர்த்தியுடைய விண்மீன்களின் இடைவெளிகளி லுள்ள வாயு மேகங்களைக் காணலாம், 'தனிப்பட்ட அடர்த்தி' என்றால் ஒரு கன செண்ட்டிமீட்டரில் 1,000 அணுக்களி ருக்கலாம் என்று பொருள். படம் XI-ல் காட்டப்பட்ட மேகங்களைவிடக் குறைந்த அடர்த்திகளை உடைய மேகங்கள் இருக்கின்றன. இதில் சில ஒரு கன செண்ட்டிமீட்டருக்கு 10 அணுக்களைக் கொண்டவைகளாக இருக்கின்றன. மேகங்களிற்கு இடையிலும் வாயுக்கள் தொடர்ந்து காணப்படுகின்றன. ஆனால், இவற்றின் அடர்த்தி இன்னும் சிறிதாகும். பெரும்பாலும் ஒரு கன செண்ட்டிமீட்டருக்கு ஓர் அணுவிற்கும் குறைவாக உள்ளவை. இவைகளில் பெரும்பாலான அணுக்கள் ஹைட்ரஜனாகும்.

அடர்த்தியான மேகங்களிலுள்ள வாயுவின் சாதாரண இயக்க வெப்ப நிலை—170°C ஆகும். ஆனால், சில சமயங்களில் மேகங்கள் 20,000°C அளவிற்கும் இருந்து மேலானதுமான வெப்பநிலையுடையதாகும். இந்த மேலான வெப்பநிலை ஒரு வெளிச்சமான விண்மீன் அருகாமையிலிருக்கும் பொழுது ஏற்படும். என்ன நடக்கிறது என்றால் விண்மீன்களிலிருந்து வெளிப்படும் அல்ட்ரா வயலட் ஒளிகளை ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் உட்கொண்டு விடுகின்றன. இந்தச் சமயத்தில் அணுக்களிலிருக்கும் எலெக்ட்ரான்கள் ஒளியின் விளைவினால் (photo-electric effect) வெளியேற்றப்படுகின்றன. இதனால் ஏற்படும் வெப்பம் வாயுவின் அணுக்களது அதிகமாக்கி வேகத்தை விரிவடையச் செய்கின்றது. இவ்வாறு வெப்பத்துடன் வெளிச்சத்தையும் உடைய விண்மீன் கூட்ட மொன்று படம் XVII-ல் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. இது கார்த்திகை (Pleiades) எனப்படும் பிரசித்தி பெற்ற கூட்டமாகும்.

ஞாயிற்றைப் போன்ற விண்மீன்கள் வாயு மேகங்களை வெப்பமூட்டி மலர்விக்கு அல்ட்ரா வயலட் ஒளியை வெளிப்படுத்துவதில்லை. ஞாயிறு ஒரு மேகத்தினுள் சென்றால் இதன் முக்கிய விளைவு மேகத்தை வெப்பமூட்டி அதை விரிவடையச் செய்வதல்ல. ஞாயிற்றின் கவர்ச்சி வாயுவில் ஓர் அழுத்தத்தை விளைவித்து இதனால் மேகத்திலிருக்கும் வாயுக்களைப் பிடித்து விடுகின்றது. இந்தக் குடைதலைக் காண் (scooping-up) 1ஆம் அத்தியாயத்தில் குறிப்பிட்டது. ஞாயிறு ஒரு குழாயை அல்லது ஒரு சுரங்க வழியை (tunnel) குடைந்து கொண்டே போய் முன்னுள்ள பொருள்களைப் பிடித்துக் கொண்டு விடுகிறது. இந்தக் குழாய் எதிர் பார்க்கக் கூடிய வாயுவில் ஞாயிறு செல்லும் திசையில் தான் இருக்கும்; இதன் விட்டம், அதாவது இந்தக் குழாய் பருமனா அல்லது மெல்லியதா என்பது வாயுவில் ஞாயிறு என்ன வேகத்தில் செல்லுகின்றது என்பதைப் பொறுத்தது.

ஞாயிற்றின் ஒரு மாதிரி வேகம் நொடிக்கு 10 கிலோ மீட்டர்களாகும். இந்த வேகத்தில் குழாயின் விட்டம் ஏறக்குறைய, சனி என்ற கோளின் சுற்றுப் பாதையின் விட்டத்தின் அளவாகும். ஞாயிற்றை ஒரு 1 அங்குல விட்டமுடைய பந்தாகக் கருதினால் குழாயின் விட்டம், இந்த அளவில், 350 கஜங்களாகும். ஆகையினால் இந்தக் குழாயின் பரிமாணம் ஞாயிற்றின் பரிமாணத்தை மிகவும் குறைத்து விடுகின்றது. அதாவது சிறுமைப் படுத்தி விடுகின்றது. ஆகையினால் விண்மீன்களினால் மேகங்களின் வாயுக்களைச் சேகரிக்கும் ஆற்றல் ஞாயிற்றிற்கு மிகவும் அதிகமாக இருக்கின்றது.

பிடிக்கப்பட்ட வாயுக்கள் சனியின் சுற்றுப்பாதை அளவில் உள்ள ஒரு பகுதியில் பரவி இங்கிருந்து ஞாயிறை நோக்கிப் பல திசைகளிலிருந்தும் செல்லுகின்றன. இந்த வாயுக்கள் இவ்வாறு ஞாயிற்றை நோக்கிச் செல்லும் பொழுது ஞாயிறின் ஈர்ப்புப் புலன்களினால் இழுக்கப்பட்டு இவைகளின் வேகம் அதிகரிக்கப் படும். ஆகையினால் உள் வீழ்ச்சியின் நேர்வேகம் மிகவும் அதிக மாகிறது. முதலில் நொடிக்கு 10 கிலோ மீட்டர்களாக இருக்கும் இது புவியின் சுற்றுப்பாதையை அடையும் பொழுது வினாடிக்கு 40 கிலோ மீட்டர்களாக அதிகரித்து விடும். புதனின் சுற்றுப்



படம் 9. உள்வீழ்ச்சிப் பொருளும் சலனக் கரோனாவும்

பாதையில் இதன் நேர்வேகம் நொடிக்கு 70 கிலோ மீட்ட ராகும். வாயுக்கள் உள் இயக்கத்துடன் ஞாயிற்றை அடையும் பொழுது இதன் வேகம் கிட்டத்தட்ட நொடிக்கு 600 கிலோ மீட் டர்களாக அதிகரித்திருக்கும்.

உள் வீழ்ச்சிக் கோட்பாட்டின்படி பிடிபட்ட வாயுக்கள் ஞாயிற்றை அடையும்பொழுது ஒருவிதச் சலசலப்பை உண்டாக்கு கின்றன. இந்தச் சலசலப்பு நிறமண்டலம், கரோனா வின் உட் புறம் ஆகியவைகளை ஏற்படுத்தும் என்று கருதப் படுகிறது. இதை 9 ஆம் படம் விளக்கிக் காட்டுகின்றது. உள்விழும் வாயுக்களே கரோனாவின் வெளிப்புறமாக அமைகின்றன. ஞாயிறு இந்தச் சலசலப்பை உள்விழும் பொருள்களினால் மோதப்படுவதைத்

தடுப்பதற்கு வெப்ப வாயுக்களினால் ஆக்கப்பட்ட அருவிதத் தடுப்புத் தலையாக அமைத்துக் கொள்கின்றது எனக் கருதலாம்.

இப்பொழுது இந்த மூன்றும் கோட்பாடு கண்டறிந்த உண்மையுடன் எவ்வாறு பொருந்துகிறது என்பதை நாம் பார்க்கவேண்டும். இதற்கான முதல் கேள்வி சலனப் பகுதியின் எல்லைக் கோட்டைக் கண்டறிவதற்கு ஏதாவது குறிப்பாகக் கிடைக்கின்றதா? இந்தச் சலனப் பகுதி சரியாக அமைக்கப்பட்ட ஓர் எல்லைக் கோட்டை உடையதாக இருக்கவேண்டும். ஆனால் இது ஞாயிற்றின் அப்பால் போகப்போக மிகவும் மங்கியதாக இருக்கும். இந்தப் பகுதி ஞாயிற்றின் மையத்திலிருந்து ஒளிக் கோளத்தின் ஆரை விட்டத்தைப் போல் இரண்டு மடங்கு தொலைவில் உள்ளமையாகவே இருக்கின்றது. (படம் 9-ல் உள்ள வட்டமாகும்) இந்தத் தொலைவில் ஞாயிற்றின் வளிமண்டலத்தின் பொருள் அடர்த்தி மிகவும் விரைவாகக் குறைந்து விடுகிறது. ஆகையினால் கண்டறிந்த உண்மை சலனப் பகுதி திடீரென முடிவடைய வேண்டும் என்ற உண்மைக்கு ஆதாரமாக உள்ளது.

கரோனாவின் சலனப் பகுதிக்கு அப்பால் உள்ள பகுதிகளைக் கண்டறிவது எளிதல்ல. கரோனாவின் மேலும் உள்ள (சலனப் பகுதிக்கு அப்பால் உள்ள) ஒளிவு மிகவும் மங்கலாக உள்ளது. ஆகையினால், ஞாயிற்றின் ஒளி மிகுந்த தூசிகளிலும் சிதறியடிக்கப்பட்டு இதனால் ஏற்படும் ஒருவித வெளிச்சத்திலிருந்து இப்பகுதிகளைப் பிரித்தெடுப்பது கடினம். வால் மீன்களின் சிதைவிலும் கோள்களின் இடைவெளிகளில் தூசுப் பொருள் சேமிக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்பதை அத்தியாயம் 7-ல் புவியின் பனி ஊழியைப் பற்றி (ice-age) ஆராயும் பொழுது குறிப்பிட்டிருக்கிறோம். புவியிலிருந்து ஞாயிற்றை நோக்கிச் செல்லும் நேர்த் திசையில் உள்ள தூசுகளினால் ஞாயிற்றின் ஒளி சிதறியடிக்கப் பட்டு இதனால் ஞாயிற்றைச் சுற்றி ஒரு மங்கலான ஒளி காணப்படுகிறது. இது உண்மையான கரோனாவுடன் கலந்து விடுகிறது. உண்மையான கரோனா வெளிச்சமாக இருக்கும் வரை, சலனப் பகுதியில் இருப்பது போல், தூசுக்களின் ஒளிர்வு பயனற்றதாகும். ஆனால், உண்மையான கரோனா மங்கலாக ஆகிவிட்டால், சலனப் பகுதிக்கு வெளியே உள்ளது போல், இந்தத் தூசுகளின் ஒளிர்வு ஒரு தொல்லையாக அமையும்.

ஓர் எச்சரிக்கை தேவை. ஆரை விட்டத் திசையில் ஏற்படும் ஒளிக் கதிர் (streamer) என்று சொல்லப்படும் ஒருவித ஒழுங்கற்ற நிலையைச் சலனப் பகுதிகளுக்கு வெளியே காணலாம். இந்த ஒழுங்கற்ற அமைப்புகள் உண்மையான கரோனாவைச் சேர்ந்தவை

தானா என்பது பிரச்சினையல்ல. பொதுவாகச் சலனப் பகுதிகளுக்கு வெளியே கரோனா பரவியிருக்கிறதா என்பதை நேரிடையாகக் கண்டறிவது எளிதாக இல்லை. இந்த இடர்ப்பாட்டினால் அநேக வானநூல் அறிஞர்கள் கரோனா ஒளிக் கதிர்களைத் தவிர வேறு எந்த வகையிலும் தொலைவில் பரவியிராது என்று சில ஆண்டுகளுக்கு முன்புதான் உறுதி யடைந்தனர். சென்ற இரண்டு மூன்று ஆண்டுகளுக்கு முன் கிடைத்த ஆராய்ச்சித் தகவலைக் கொண்டு இந்தக் கருத்துப் புறக்கணிக்கப்பட்டது. உள் வீழ்ச்சிக் கோட்பாடும் இந்த வகையைச் சேர்ந்தது தான். ஆனால், முன் புவி இயல் நூலாளர்கள் கருதியது போலக் கரோனா 'முடிந்திருந்தால்' இந்தக் கோட்பாடும் நிராகரிக்கப்பட வேண்டியதே.

கரோனாவின் ஒளிப் படங்களை முனைந்து ஆராய்ந்ததினால் கிடைத்த புதிய ஆதாரமாகக் கொள்ளக்கூடிய ஒரு முக்கியத் தகவலைக் கவனிப்போம். இவை சலனப் பகுதியின் வெளிப்புற எல்லைக் கோட்டிலுள்ள (படம் 9-ல் உள்ள வட்டம்) பொருளின் அடர்த்தி ஒரு கன செண்ட்டிமீட்டருக்கு 1 மில்லியன் அணுக்களாகும் என்றும், இவை பெரும்பாலும் ஹைட்ரஜன் அணுக்களேயாகும் என்னும் காண்பிக்கின்றது. இந்த ஆய்வு உண்மையை வைத்து ஞாயிறிலிருந்து பல தொலைவுகளிலுள்ள பொருள்களின் அடர்த்தி யாது என்று கணக்கிடலாம். இந்தக் கணக்கீட்டின் விவரங்கள் பின்வருமாறு :

ஞாயிற்றின் மையத்திலிருந்து உள்ள தொலைவு (ஒளிக்கோசத்தின் அரைவிட்டம் மூல அளவு)	2	20	200	2,000.
ஒரு கன செண்ட்டிமீட்டருக்கு உள்ள ஹைட்ரஜன் அணுக்கள்	1,000,000	30,000	1,000	30.

உள் வீழ்ச்சிக் கோட்பாட்டின்படி ஒளிக் கோசத்தின் அரை விட்டத்தை மூல அளவாக வைத்து இந்த அளவீட்டின்படி 2,000 ஆக உள்ள தொலைவும், ஞாயிறு துடைத்து உட்கொள்ளும் விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்களிலான குழாயின் அரை விட்டமும் இணையாகும். ஆகையினால் ஒரு கன செண்ட்டி மீட்டருக்கு 30 அணுக்கள் என்ற அடர்த்தியை உடையது ஞாயிறு கடந்து செல்லும் வாயு மேகங்கள் என்பது தெளிவாகிறது. அடர்த்தியின் இந்த அளவை விண்மீனின் இடைவெளி வாயுக்களை நேரிடையாகக் கண்டறிந்து அதன் மூலம் உறுதிப்படுத்த முடிந்தால் இது நம் கோட்பாட்டிற்கு ஒரு சிறந்த ஆதாரமாகும். துரதிட்டவச

மாக ஞாயிற்றின் அருகாமையிலுள்ள விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்களின் அடர்த்தியைக் கண்டறிய முடியவில்லை. நாம் செய்யக் கூடியது யாதெனில்; மேற் கொடுக்கப்பட்டுள்ள அட்டவணையின் கடைசிப் பத்தியில் கொடுக்கப்பட்டது. விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்களின் அடர்த்தி ஒரு செண்டிமீட்டருக்கு 30 அணுக்களாகும் என்று கொள்வது சரியான மதிப்பீடாகுமா என்று வியவுவதே. மேற்சொன்னதிலிருந்து தற்போது கணக்கிடப்பட்ட மதிப்பீடு முற்றிலும் சரியானதே என்பது தெளிவாகும். சிறிய மேகங்களில் அடர்த்தி ஒரு கன செண்டிமீட்டருக்கு 10 அணுக்களாகவும், பெரிய அடர்ந்த மேகங்களில் அடர்த்தி ஒரு கன செண்டிமீட்டருக்கு கிட்டத்தட்ட 1,000 அணுக்களாகவும் உள்ளது என்பதை நினைவுபடுத்திக் கொள்ள வேண்டும். (இவையின்றி சில விலக்கான பகுதிகளில் அடர்த்தி இன்னும் அதிகமாக இருக்கலாம்). ஆகையினால் உள்ளீர்ப்புக் கோட்பாட்டின்படி ஞாயிறு ஒரு மதிக்கத்தக்க வேகத்தில் வளர்ந்திருக்க வேண்டும் என்று கருதலாம். இந்தத் தேவையான கருத்தை எதிர்க்கும் வகையில் இதுவரை ஒரு தகவலும் இல்லை.

இந்தக் கோட்பாட்டை முடிவாகச் சரிபார்க்க வேண்டுமானால் மேற்கொடுக்கப்பட்டுள்ள அட்டவணையில் இரண்டாம் மற்றும் மூன்றாம் பத்திகளைப் பார்க்க வேண்டும். முதலில் ஒரு சிறிய இடர்ப்பாடு ஏற்படுகிறது. இந்தக் கருவாயில் ஒரு நடு நிலையான ஹைட்ரஜன் அணு நுண்காட்சிக்குப் புலப்படாது. ஒரு அணு அயனிப்படுத்தப் பட்டால்தான் அதாவது அதன் புரோட்டானும் எலெக்ட்ரானும் பிரிக்கப்பட்டால்தான், நுண்காட்சிக்கு புலப்படுவதாயிருக்கும். இதற்குக் காரணம் கட்டுப்படாத எலெக்ட்ரான்களைத்தான் நாம் காணமுடியுமே தவிர, முழு அணுக்களை அல்ல என்பது. மேற்கொடுக்கப்பட்ட அட்டவணையில் அயனிப்படுத்தப்பட்ட அணுக்களும் நடுநிலையிலிருக்கும் அணுக்களும் சேர்ந்துக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றது. ஆகையினால் அயனிப்படுத்தப்பட்ட அணுக்களைப் பிரித்து விடுவது நமக்கு ஆராய்வதற்குத் தேவையாகும். இதைச் செய்வது ஒரு கடினமான காரியமாகும். ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் ஞாயிற்றிலிருந்து வரும் அல்ட்ரா வைலட் ஒளியை உட்கவர்ந்து இதனால் அயனிப்படுத்தப்படுகின்றது. ஆனால், அதிர்ஷ்டவசமாக ஞாயிற்றிலிருந்து வெளிவரும் அல்ட்ரா வயலட் ஒளியின் அளவு என்பது தேவையான அளவில் சரியாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட வில்லை. இது தெரிந்தால் தான் ஞாயிற்றிலிருந்து பல தொலைவுகளிலுள்ள வளிமண்டலத்தில் எவ்வளவு பகுதி அணுக்கள் அயனிப்படுத்தப்பட்டது என்பதை சரியாக நிர்ணயிக்கலாம் (கணக்கிடலாம்). ஒரு தோராயமான

கணக்கிட்டுள்ளபடி கீழ்க்கண்ட மதிப்புகள் கிடைக்கின்றன. ஆனால் இதில் ஏதாவது தவறு இருந்தால் ஒரு 2 மடங்கு அளவில் இருக்கும்.

ஞாயிற்றின் மையத்திலிருந்து உள்ள தொலைவு (ஞாயிற் கோளத்தின் அரைவிட்டம் ஒரு அலகு)	2	20	200.
ஒரு கன சென்டிமீட்டருக்கு உள்ள அயனியாக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜன் அணுக்கள்	500,000	10,000	300.

இரண்டாம் அட்டவணையில் தொகுக்கப்பட்டிருக்கும் எண்கள் ஞாயிற்றிலிருந்து உள்ள தொலைவிற்கு ஏற்பக் குறைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. முதல் பத்தியில் கொடுக்கப்பட்ட எண் 2 மடங்கு வீதத்தில் குறைக்கப்பட்டும், இரண்டாவது, மூன்றாவது பத்திகளில் தொகுக்கப்பட்ட எண்கள் 10/3 என்ற வீதத்தில் குறைக்கப்பட்டுயிருக்கின்றன. இதற்குக் காரணம் ஞாயிற்றை நோக்கி வர வர, மேலும் மேலும் அதிக ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் அயனிப்படுத்தப்படுகின்றன என்பதும், இவ்வாறு சுனைப் பகுதியை அடைவதற்கு முன் ஏராளமான ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் அயனிப்படுத்தப்படுகின்றன என்பதுமாகும்.

சமீபத்தில் சீடன்டாப் என்பவரும் பேர் என்பவரும் (Siedentopf and Behr) கோள்களின் இடை வெளிகளில் சுயேச்சையான எலெக்ட்ரான்களிருப்பதைக் கண்டுபிடித்தார்கள். இவர்களுடைய ஆராய்ச்சி விளைவுகள் இரண்டாவது அட்டவணையில் மூன்றாம் பத்தி எண்களுடன் ஒத்திருக்கின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் அயனிப்படுத்தப்பட்ட ஹைட்ரஜன் அணுக்களிலிருந்து விடுபட்டதினால் இது உள் விழுச்சிக் கோட்பாட்டிற்கு ஒரு வலுவான உறுதியாகும்.

இந்த உடன்பாடு தற்செயலானது என்று நினைக்காமலிருக்க (கோள்களின் இடை வெளிகளில் கரோனாவினுடன் சம்பந்தமில்லாத வாயுக்கள் ஏராளமாக இருக்கலாம் என்பதற்கு), அட்டவணையின் இரண்டாம் பத்தியைப் பார்க்கவேண்டும். இங்குக் கண்டறியும் விதம் மிகவும் சுவையானது. முதல் பத்தியில் கொடுக்கப்பட்ட அடர்த்தியை ஞாயிற்றின் ஒளி மறைவின்பொழுது எடுக்கப்பட்ட கரோனாவின் ஒளிப் படத்தைக்கொண்டு சரிபார்த்து விடலாம். மூன்றாம் பத்தியில் கொடுக்கப்பட்ட அடர்த்தியை,

ஞாயிற்றின் ஒளி இல்லாத சமயமான இரவில் ஆராய்ச்சி செய்து வெற்றிகரப்படுத்தி விடலாம்—ஞாயிற்றின் தொலைவு அதிகமாக இருப்பதால் இவ்வாறு செய்ய இயலும். இதற்கு இடையிலுள்ள தொலைவில் இரண்டு முறைகளும் பயன்படா. ஒளி மறைவின் பொழுது எடுக்கவேண்டிய ஒளிப்படத்தை ஏற்கனவே கொடுக்கப்பட்ட காரணங்களினால் எடுக்க இயலாது. மேலும் இரவு ஆராய்ச்சிக்கு ஞாயிற்றின் தொலைவு மிகவும் குறைவு.

ஒரு பயனுள்ள ஆராய்ச்சி முறைப் பிரச்சினையை வெகு திறமையாகத் தெளிவுபடுத்தி விட்டார்கள் ஹெவிஷ், மாகின், ஸ்மித் (Hewish, Machin and Smith) என்பவர்கள். இந்தப் புதுமுறை நேர்கோட்டை ஆராய்ச்சியில்லாமல் கதிர்முறை ஆராய்ச்சியைத் தழுவியது. ஒரு வருடத்தில் ஞாயிறு, விண்மீன்களைப் பின்னணியாகக் கொண்ட ஒரு வெளியில் இயங்கிக்கொண்டிருக்கிறது (இது ஞாயிற்றைச் சுற்றிப் புவி இயங்கி வருவதினால் ஏற்படுவது). ஜூன் மாதத்தில் காளை விண்மீன் மண்டலம் (Constellation of Taurus) ஞாயிற்றுக்குப் பின்னணியாகும். இந்தக் காளை விண்மீன் மண்டலத்தில் கதிர் அலைகளுக்கான ஒரு புதுமையான அமைப்புடைய மூலக் கூறு ஒன்று உள்ளது. இதைப்பற்றி பின்னொரு அத்தியாயத்தில் விவரமாகக் கூறுவோம். இதிலிருந்து (மூலக் கூற்றிலிருந்து) கதிர் அலைகள் ஆண்டு முழுவதும் நமக்குக் கிடைக்கின்றன. ஆனால் ஜூன் மாதத்தில் வரும் கதிர் அலைகள் கரோனாவின் மூலம் ஊடுருவிப் பிறகு நம்மை வந்தடைவதால் இதற்கு ஒரு தனிச் சிறப்பு இருக்கிறது. சமச்சீரான எலெக்ட்ரான்களை உடையனவாகவும், சரியற்ற பரவலை உடையனவையாகவும் இருக்கும் ஒரு பொருளின் மூலம் கதிர் அலைகள் சென்றால் அலைகளின் சிறப்புத் தன்மைகள் மாற்றப்படும். இவ்வாறான மாறுதல்கள் காளை விண்மீன் மண்டலத்திலிருந்து வரும் கதிர் அலைகள் ஞாயிற்றின் மூலம் கடந்து வரும்பொழுது காணப்படுகின்றன. இவை 148 ஆம் பக்கத்தில் உள்ள அட்டவணையில் இரண்டாம் பத்தியில் கொடுக்கப்பட்ட தொலைவுகளில் காணப்படுகின்றன. இதிலிருந்து கரோனா இவ்வளவு தொலைவு பரவியிருக்கின்றது என்பது புலனாகிறது. கரோனா சமனற்ற பகுதியில் முடிவதில்லை.

இந்த ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து அளவிடப்படுத்தப்பட்ட ஹைட்ரஜன் அணுக்களின் அடர்த்தி உடனடியாகக் கிடைத்துவிடுவதில்லை. ஏனென்றால் கதிர் அலைகளில் ஏற்படும் விளைவு கரோனாவிலுள்ள பொருளின் சரிவர இல்லாத பரவலைப் பொறுத்து இருக்கிறது. மேற்கொடுக்கப் பட்ட அட்டவணையின் இரண்டாவது பத்தியுடன் சரியான பொருத்தம் வேண்டுமானால் இந்தப் பரவல், ஒளிச்

கோசத்தின் அரைவிட்டத்தோடு ஒப்பிடும் வகையில், சுமார் 500,000 கிலோ மீட்டர்களாக இருக்க வேண்டும். இதை விடச் சிறிய பரவல்கள் சிறிய அடர்த்திகளையும், பெரிய பரவல்கள் பெரிய அடர்த்திகளையும் கொடுக்கும். ஆனால், பரவல்களின் பரிமாணம் 500,000 கிலோ மீட்டருக்குக் குறைவானதாக இருப்பது அநேகமாக இல்லை என்று சொல்லாம். ஆகையினால் நியாயமான தீர்ப்பு யாதெனில் தொலைவில் உள்ள கரோனாவின் பொருள் அடர்த்தி உள் வீழ்ச்சிக் கோட்பாட்டிற்கு மிகவும் ஒத்த வகையில் இருக்க வேண்டும் என்பதாகும்.

இந்தப் புதிய ஆதாரம் கரோனா விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயு வரை பரவியிருக்கும் என்பதைக் கிட்டதட்டத் தெளிவாக்குகிறது. சில வானநூல் அறிஞர்கள், கரோனாவின் உற்பத்திக்கான ஓர் உட்கோட்பாட்டுடன் இது உண்மையாகவே ஒத்திருக்கின்றது என்று வாதாடியிருக்கிறார்கள். ஆகையினால் பொருள் ஞாயிற்றை விட்டு வெளிப் புறமாகவே, உட்புறமாக அல்லாமல் ஞாயிற்றை நோக்கி அல்லாமல் பெருகிச் செல்லுகின்றது என்று சொல்லலாம். இது இயலாத ஒரு நிகழ்ச்சியாகா விட்டாலும் இயல் நூல் முறையில் சில பிரச்சினைகளை உண்டாக்குகின்றது. ஒரு கோட்பாடு, புதிய தகவல்கள் கிடைத்ததும் சில முக்கிய ஒட்டுமான விளக்கங்களைக் கொடுக்க (Patches) வேண்டிய ஒரு நிலைமையை ஏற்படுத்தினால், அந்தக் கோட்பாடு சந்தேகத்திற்கு உரியதாகும். சில ஆண்டுகளுக்கு முன், கரோனா, ஞாயிற்றின் மையத்திலிருந்து ஒளிக் கோச அரை விட்டத்தில் இரண்டு பங்கு உள்ள தொலைவில் 'முடிந்து விட்டது' என்று கருதப்பட்டது. இதனால் ஓர் உட்புறக் கோட்பாடே, உள் வீழ்ச்சிக் கோட்பாட்டை விடச் சிறந்தது என்று கருதப்பட்டது. இப்பொழுது ஆராய்ச்சியிலிருந்து கரோனா விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்கள் வரை பரவுகின்றது என்று தெரிந்த பிறகு, உள் வீழ்ச்சிக் கோட்பாட்டின்படி தேவையான உண்மையாக இருந்த இது, ஓர் உள் கோட்பாடு இவ்விதப்பரவலை ஏற்படுத்தலாம் (ஆதரிக்கலாம்) என்று தோன்றுகிறது. இப்படி இருந்தால், ஆராய்ச்சி, தொலைவில் உள்ள கரோனாவின் பகுதிகளைக் காண்பித்ததற்கு முன்பே இவ்வாறுகக் குறிப்பிட்டிருக்க வேண்டும். ஒரு பந்தயத்தின் முடிவைப் பற்றிப் பந்தயம் ஆன பிறகு தெரிவிப்பது வருவதை முன்னறிவித்தலாகாது (prediction).

இது உள் வீழ்ச்சிக்கான விவர விளக்கத்தை முடித்து விடவில்லை. இன்னும் எவ்வளவோ முன் கூட்டியே கொடுக்கப் பட்ட விவரங்களைப் பின்னே ஆராய்ச்சி மூலம் சரிபார்த்திருக்கின்றனர்.

உள்ளே விழும் பொருள் சவனப் பகுதியை அடைவதற்கு முன் அதன் இயக்க வேகம் நிலை குலையா வகையில் முறையாக இருக்கும் என்று எதிர் பார்க்கலாம். பொருள், சவனப்பகுதியில் மூழ்கி, உள்ளே விழும் துகள்கள் ஞாயிற்றின் பொருளோடு மோதிய பிறகு அதிக வெப்பநிலைகள் உருவாகலாம். இது கேம்பிரிட்ஜ் (Cambridge) எதிர்பக்க அறிஞர்களால் கண்டறியப்பட்ட உண்மையினோடு ஒத்திருக்கின்றது. இவர்களின் ஆராய்ச்சிப்படி சவனப் பகுதியில் வெப்பநிலை இன்னும் தொலைவிலுள்ள வெப்ப நிலையை விட அதிகமாக இருக்கும்.

சவனப் பகுதியில் எதிர்பார்க்கக் கூடிய வெப்பநிலையைக் கணக்கிடலாம். இதன்படி சவனப் பகுதியின் மேற்புறங்களில் இயக்கவெப்பம் சுமார் 1,000,000°C. இது உண்மையாகக் கண்டறிதல் அளவிற்கு ஒத்ததாகும். இது மட்டுமன்றி இந்தக் கோட்பாட்டின்படி சவனத்தின் பொருள் கொதிநிலையிலிருக்க வேண்டும். இதுவன்றி ஒளிக் கோளத்திற்கு மேல் ஒரே உயரத்திலிருக்கும் இரு இடங்களாயினும் வெப்ப நிலையில் மாறுபாடு இருக்க வேண்டும். சவனப்பகுதியில் இன்னும் மேற் சென்றால் ஒளிக்கோளங்களிலிருந்து ஒரே உயரங்களிலுள்ள இரண்டு பகுதிகளில் வெப்பநிலை மற்றப் பகுதிகளை விட இரண்டு மடங்காக இருக்க வேண்டும். நிற மண்டலத்தின் கீழ்ப் பகுதிகளில் வெப்ப நிலையின் மாறுபாடுகள் இதைவிட அதிகமாக இருக்க வேண்டும். இந்த எதிர் பார்க்கும் நிலைகள் ஆராய்ச்சிகள் மூலம் உறுதியாக்கப் பட்டு விட்டன.

இந்த விவரங்களை யெல்லாம் ஒன்றுசேர்த்தால் உள் வீழ்ச்சிக் கோட்பாட்டிற்கு ஒரு நல்ல ஆதாரம் கிடைக்கின்றது. ஆனால், இத்தக் கருத்துக்களெல்லாம் ஞாயிற்று வளி மண்டலத்தின் அரை விட்டக் கருத்துப் பொறுத்தவரைதான் என்பதை உறுதிப் படுத்த வேண்டும். படம் XII, XIII இவைகளுக்குச் சம்பந்தப்பட்ட வகையில் விவரிக்கப்பட்ட சில அமைப்பு உறுதியின்மை வளி மண்டலத்தில் காந்த விசையினால் ஏற்பட்ட உருத் திரிபுகளாகும் என்பது நிச்சயம்.

ஒளிச்சி ஏற்படுவதற்கு ஒரு முறையாவது, ஓர் இடச்சார்பான காந்தப்புலன் சவனப் பகுதியிலுள்ள பொருளின் சுவேச்சையான தொகுதியைத் தடுப்பது. இதனால் உள் விழும் பொருளின் ஆற்றல் ஞாயிற்றுக்கு மாற்றப்படுவது தடைபடும். ஆகையினால் ஞாயிற்று வளிமண்டலத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஆற்றல் சேமிக்கப்படுகின்றது. ஆனால் இது அளவில்லாமல் இருக்க முடியாது. வெகு விரைவில் இந்த ஆற்றலுக்கு ஒரு வெளிப்பாடு

ஏற்படவேண்டும். ஞாயிற்றினுள் ஒரு கீழ்ப்புற வெளிப்பாடும் மற்றும் பக்கவாட்டிலும் வெளிப்பாடு தடுக்கப்பட்டு விட்டால் மற்றப்படி ஆற்றலின் விடுதலை அது எந்தப் பக்கத்திலிருந்து வந்ததோ அதே பக்கத்தில் ஏற்பட வேண்டும். இது எவ்வாறு நடக்கிறது என்பதில் அநேக கவர்ச்சியான தகவல்கள் இருக்கின்றன. ஆற்றல் சேமிப்பின் முதல் விளைவு குறித்த இடத்திற்கான வெப்ப நிலையை அதிகரிப்பதே. இதன் உச்ச அளவு சுமாராக 10,000,000°C ஆகும். சாதாரண வெப்பநிலை 1,000,000°C. இது சலனப் பகுதியின் உயர்வான பகுதிகளில் ஏற்படுகின்றது. நுகள்களின் சராசரி இயக்க வேகம் வெப்பநிலை அதிகரிக்க அதிகரிக்கத் தானும் அதிகரிக்கும். வெப்பநிலை 10,000,000°C அளவிற்கு அதிகரித்தால் இயக்க வேகம் இயங்கும் துகள்களை ஞாயிற்றை விட்டு வெளியே (வெளிப்புறமாக)ச் செலுத்துவதற்கான அளவு அதிகரித்து விடும். இதுவே ஆற்றலிற்குத் தேவையான ஒரு வெளிப்பாட்டை ஏற்படுத்துகின்றது. சலனத்தைக் கீழ்ப் புறமாகக் கொதிக்க விடாவிட்டால் இது வெகு சீக்கிரமே வெளிப்புறமாகக் கொதிக்க ஆரம்பித்து விடும்.

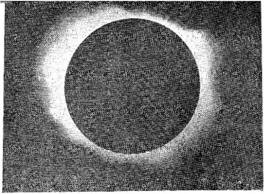
இந்த மாதிரி ஆவியாக்கப்பட்டு வெளிக் கிளம்பும் துகள்கள் ஞாயிற்றை விட்டுத் தப்பியோட வேண்டுமானால், அது அரைவிட்ட வழியாகவே தவறில்லாமல் செல்ல வேண்டும். இப்படிச் செய்தால் தான் உட்புறம் நோக்கி வரும் துகள் கூட்டங்களை எதிர்த்துச் செல்வது எளிதாகும். ஆகையினால் வெளிப் புறமாக இரங்கிச் செல்லும் துகள்கள் அரைவிட்டங்களின் வழியே நீர்த் தாரைகளைப் போல் செல்லும். இவ்வாறான தாரைகளை, ஒளிக் கதிர்களை, கரோனாவின் ஒளிப்படங்களில் அடிக்கடிக் காணலாம். (ஒரு முன்பகுதியில் ஞாயிற்றுச் சுடர்களின்மூலம் ஞாயிற்றிலிருந்து வெளிப்படும் துகள்களைப் பற்றி விவரித்தோம். இது நாம் இப்பொழுது எடுத்துக் கொண்டிருக்கும் முறையல்லாமல் வேறு விதமாகும். ஞாயிறு இரு தனிப்பட்ட முறைகளில் துகள்களை வெளிப்படுத்துகின்றன என்று தெரிய வருகின்றது. இதில் ஒன்று சுடரை ஒட்டியும், மற்றொன்று கரோனாவில் உள்ள செயல் திறனுடைய புள்ளிகளை ஒட்டியு மிருக்கின்றன. நாம் இப்பொழுது கொடுத்த வாதங்களிலிருந்து இவ்வாறான செயல் திறனுடைய புள்ளிகள் எப்படி ஏற்படுகின்றன என்பதைத் தெளிவுபடுத்துகின்றன. சலனப் பகுதியின் பொருள்களின் கீழ்ப்புற ஓட்டத்தைத் தடுத்து இவ்வாறாக்குகிறது.)

ஒரு காந்தப் புலன் சலனப் பகுதியின் சுயேச்சையான கொதிப்பைத் தடுத்தால், இதனால் காந்தப் புலனில் உள் விழும்

Mt. Wilson and Palomar Observatories

XI. ஓரியான் நெபுலா

ஓரியான் நெபுலாவிலுள்ள பெரிய ஒளி பொருந்திய வாயு மண்டலங்களைக் கத்திப் பகுதியில் நம் கண்ணால் காணலாம். இம்முகில்களின் உள்ளே தொடர்ச்சியாகப் பல புதிய விண்மீன்கள் உண்டாகின்றன. இவை 100,000,000,000,000 மைல்கள் அதைப் போன்று பரிமாணம் உள்ளது.



E. E. Barnard

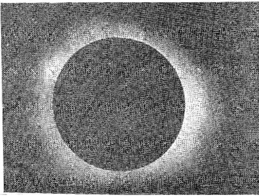
XII. 1900ஆம் ஆண்டு மே மாதம் 28ஆம் தேதி நிகழ்ந்த ஞாயிற்றின் ஒளிமறைவு நிகழ்ந்தன்று ஞாயிற்றின் ஒளி வட்ட அமைப்பு

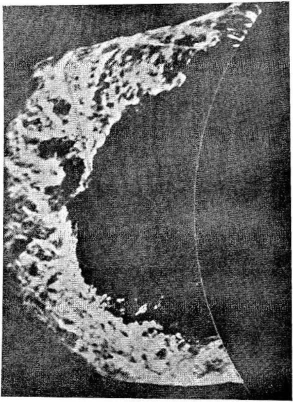
ஞாயிற்றின் வட, தென் துருவப் பகுதிகளில் ஏற்படும் இறகு போன்ற அமைப்பைக் காணலாம். ஞாயிறு ஒரு காந்தம் போல் வேலை செய்கிறது என்பதற்கு இந்தச் சிறகு பகுதிகள் ஒரு சான்றாய்த் திகழ்கின்றன.

XIII. 1918ஆம் ஆண்டு ஜூன் மாதம் 8ஆம் நாள் நிகழ்ந்த ஒளிமறைவு நிகழ்ந்தன்று ஞாயிற்றின் ஒளிவட்ட அமைப்பு

படத்திலுள்ள ஒளிவட்டத்தின் வளைவுத் தோற்றத்தைக் கவனிக்க. இத் தோற்றம் சூரியனிலுள்ள காந்தத் தலையீட்டைக் காட்டுகிறது.

Lick Observatory

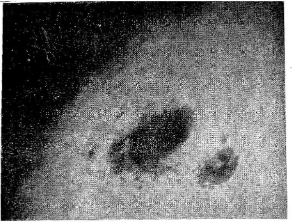




W. O. Roberts

XIV. 1946ஆம் ஆண்டு ஜூன் 4ஆம் நாளில் இருந்த மிகப் பெரிய ஒரு ஞாயிற்றுச் சுடர்க் கொழுந்து

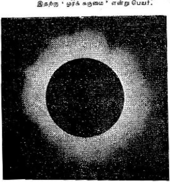
நீங்கள் நினைப்பதைப் போல் இவை அதிவெப்ப வாயுவினால் ஆன முகில் கூட்டம் இல்லை. இவை அடர்த்தியான குளிர்மேகக் கூட்டங்களாகும். ஆனால், மிக வெப்ப வாயுவினால் சூழப்பட்டிருக்கிறது. இந்த வெப்ப வாயுவின் அதிவெப்பத் தன்மையால் அதிக அளவு ஒளியை வெளிப்படுத்த இயலவில்லை. எனவே, இப்படத்தில் இது இருளாகத் தெரிகிறது.



Royal Observatory Greenwich

XV. ஞாயிற்றுக் கறைகள், 1926 சனவரி 20

ஞாயிற்றுக் கறைகள் மிகப் பெரிய அளவுள்ள காந்தப் பரப்பைக் கொண்டது. இந்தக் கறைகளின் கருமைக்கு இக் காந்தப் பரப்புகளே காரணம் எனக் கருதப்படுகிறது. இந்தக் கறைகள் சூரியனின் விளிம்பிற்கு அருகிலேயே உள்ளன. இவ் விளிம்பிற்கு வெளியே ஒளி விழுவதைப் படத்தில் காணலாம். இதற்கு 'ஓரக் கருமை' என்று பெயர்.



Aston

XVI. 1926ஆம் ஆண்டு ஜனவரி மாதம் 14 ஆம் நாளன்று நிகழ்ந்த ஞாயிற்றின் ஒளிமறைவு தினத்தில் ஞாயிற்றின் ஒளிவட்ட அமைப்பு

புரிந்துகொள்ள முடியாத பல விளக்கங்களைக் காண்பித்தாலும் ஒரு நிலையான உருண்டை வடிவத்தினை மேலே உள்ள சூரிய ஒளிவட்டம் காட்டுகிறது.

Dominion Astrophysical Observatory, Victoria B.C. J.A. Pearce

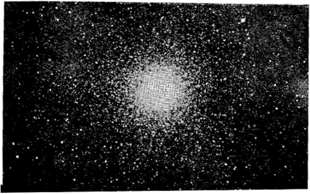
XVII. கார்த்திகை

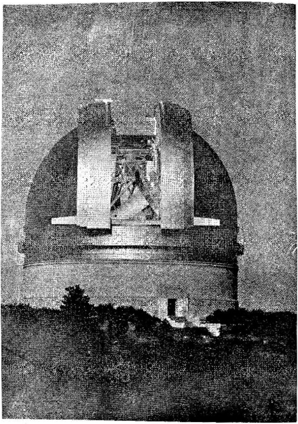
ஒரு பொதுவான மூலங்கொண்ட விண்மீன்களின் பொழிவைப் படத்தில் காணலாம். இக் குழு 2,000,000,000,000,000 மைல் தொலைவில் இருப்பினும் நம் கண்களுக்கு எளிதாகத் தெரிகின்றன.

XVIII. உருண்டைக் கொத்துகள், M_3

ஒரு பொதுவான மூலங்கொண்ட மேலும் பெரிய ஏறத்தாழ 100,000 விண்மீன் பொழிவு.

Mt. Wilson and Palomar Observatories

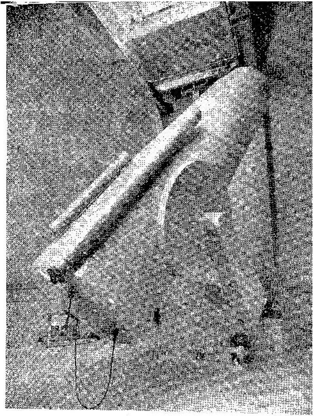




W. Miller

XIX. நிலாவில் 200 அங்குல ஹேல் தொலைநோக்கி

இந்த மிகப் பெரிய கருவியின் அளவை இதிலுள்ள படிகளின் உயரங்களைக் கொண்டே அறியலாம். இது சுமார் 11 அடி உயரமுள்ள பெரிய கதவைக் கொண்டது.



XX. பாலமர் மலையிலுள்ள 48 அங்குல ஷ்மிட் (SCHMIDT) தொலைநோக்கி

Forty-eight-inch Schmidt Telescope

XXI. 'அண்ரோமேடா' விண்மீன் குழுவில் உள்ள M_{31} எனும் அண்டம்

ஒளி மிகுந்த இந்த அண்டம் 100,000,000,000 விண்மீன்களைக் கொண்டது. இந்த அண்டத்தைப் பால் மண்டலத்தின் இரட்டை அமைப்பாகக் கொள்ளலாம். பால் மண்டலத்தை வெளியே நாம் நின்று பார்த்தால் மேற்கூறிய அண்டம் இவ்வாறு காணப்படும். சாய்ந்த நிலையில் M_{31} என்ற இந்த அண்டம் தட்டையான சுருள் வடிவமுள்ளதாகத் தெரியும். அண்டத் துணைக் கோள்களான M_{32}, NGC 205 இவைகளை கவனிக்க. படத்தில் காணப்படும் விண்மீன்கள் பால் மண்டலத்தைச் சேர்ந்த விண்மீன்களாகும். M_{31}. அண்டம் சுமார் 450,000 பார்செக்ஸ் (ஒரு பார்செக்ஸ் என்பது 19,200,000,000,000 மைல்கள்) தொலைவில் உள்ளது. முழு எண்கள் அளவில் M_{31}-ன் தொலைவு 9,000,000,000,000,000,000 மைல்கள்.

பொருள் எவ்வாறு ஊடுருவிச் செல்லுகின்றது என்று விளக்குவாராம். ஊன் விழுங் வளைப்புறுதல் அனுமதிகள் காரப்பற்ற நிலையில் இருக்கும் வளி காந்தப் புலங்களினுக் பாதிக்கப்படாது நாம் ஏற்கனவே நாம் பார்த்தபடி அணுக்களில் சில அயனியாகுவதற்கு முன் எனைப் பகுதியை அடைகின்றன. இந்த அணுக்கள் தாம் ஒரு வெள்ளா கதிரணுவின் ஆற்றல்கள் ஒளிக் கதிர்கள் இவை களை வெளிப்படுத்தல் தேவையான ஆற்றலைக் கொடுக்கின்றன எனக் கூறலாம். எங்கெல்லாம் காந்த விசைகள் செங்குத்தாக நீட்டிச் செல்லும் அரை விட்டத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கின்றனவோ அங்கெல்லாம் காந்தப் புலன்கள் சக்கரப் பகுதியின் வெப்பக் கொதிப்பைத் தடுத்து விடுகின்றன என்பதைக் கவனிக்கவேண்டும்.

ஞாயிற்று வளிமண்டலத்திற்கான மூன்று கோட்பாடுகள் (The three theories of the solar atmosphere)

இங்குத் தான், அத்தியாயம் 1-ல் உள்ளது போல், மாற்றுக் கோட்பாடுகள் இருக்கின்றன. அத்தியாயம் 1-ல் சொன்னது போல் உங்கள் பணத்தை எங்கு வேண்டுமானாலும் போடலாம். ஆனால் இந்தச் சுதந்திரம் அதிக காலம் இருக்காது. புதிதாகத் தகவல்கள் நமக்குச் சீக்கிரமே வெகுவாகக் கிடைத்துவிடும். அப்பொழுது இம் மூன்று கோட்பாடுகளிலிருந்து ஒன்றை நிச்சயமாகத் தேர்ந்தெடுக்க இயலும். இன்னும் சில ஆண்டுகளுக்குள் பெரும்பாலும் ஞாயிற்று வளிமண்டலத்தின் புதிர் விடுவிக்கப்பட்டு விடும்.

இயல்நூல் அதன் கோட்பாடுகளை ஒரே வழித் தாக்குதலினால் (ஆராய்ச்சியினால்) அமைத்து விடுவதில்லை. எப்பொழுதெல்லாம் உறுதியற்ற (தெளிவில்லாத) நிலை இருக்கின்றதோ அப்பொழுதெல்லாம் பல்வேறு கோட்பாடுகளையும் கொடுத்துதவும். பிறகு ஆராய்ச்சியின் மூலம் இவைகளில் தேவையற்றதை நீக்கி விடலாம். அதாவது ஒரு வேலைக்கு ஆள் தேர்ந்தெடுக்கும் பொழுது ஒரு 'சிறிய பட்டியல்'த் தயார் செய்வது போல் அநேக சமயங்களில் ஒரு கோட்பாடு மட்டும் போதியதாக இருப்பதில்லை. அப்பொழுது மற்றக் கோட்பாடுகளில் எஞ்சியதை வைத்து (ஆராய்ச்சி மூலம் சரியெனக் காணப்பட்டதை வைத்து) ஒரு புதிய கூட்டுக் கோட்பாட்டைத் தேர்ந்தெடுக்கலாம். இந்தப் புத்தகத்தில் அடிக்கடி மாற்றுக் கோட்பாடுகளைக் காண்கிறோம். இதனால் இயல்நூல் அறிஞர்கள் ஒரு முடிவுக்கும் வரவில்லை என்று நினைக்கலாகாது. நாம் அறிவின் எல்லைகளில் இருக்கின்றோம் என்பதே உண்மை.

8. ஞாயிறும் அதன் வளர்ச்சியும்

(The Sun and its Evolution)

அழுத்தச் சமநிலை (The pressure balance)

அநேக காலங்களாகவே மக்கள் ஞாயிற்றைப் பார்த்து வியப்படைந்து அதனுள் என்ன இருக்கின்றது என்று சிந்தித்து வந்தார்கள். அதனுள் என்ன இருக்கின்றது? ஒளிக் கோளத்திலிருந்து உட்புறமாகச் சென்றால் கதிர் இயக்க வெப்ப நிலையும், அடர்த்தியும் ஒழுங்காக அதிகரித்துக் கொண்டே போகிறது. ஞாயிற்றின் மையத்தில் வெப்ப நிலை மிகவும் அதிகமாகி 13 மில்லியன் டிகிரிகளாகவும், அடர்த்தி நீரின் அடர்த்தியைப் போல் 50 மடங்காகவும் இருக்கும். இவ்வளவு அதிக வெப்ப நிலை, மைய அழுத்தம் மேல் அடுக்குகளின் எடையைத் தாங்குவதற்குத் தேவையான அளவில் இருக்கவேண்டும். இதற்கு வேண்டிய அழுத்தம் சுமார் ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு 1,000,000,000,000 இராத்தல்களாகும் (lbs.) இந்த அழுத்தத்தைப் புவியின் மையத்தில் ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு 50 மில்லியன் இராத்தல்களாகவும், மேற்புறத்தில் ஓர் அங்குலத்திற்கு 15 மில்லியன் இராத்தல்களாகவும் இருக்கும் அழுத்தங்களுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவேண்டும். ஒரு மனிதன் ஞாயிற்றின் உள்ளே இருக்கும் அழுத்தத்தைத் தாங்கவேண்டுமானால் இதற்கு மிகவும் உறுதியான தோலை உடையவனாக இருக்க வேண்டும்.

ஞாயிற்றின் உட்புறம் இவ்வளவு அதிக அழுத்தத்தை உடையதாக இல்லாவிடில் என்ன நேரிடும்? ஞாயிறு, மெதுவாக, பின் வரும் ஒரு அத்தியாயத்தில் கூறியுள்ளது போல் மாற்ற மடைந்து கொண்டே போகாமல், ஒரு நிமிடத்தில் நாம் வெறும் கண்ணால் பார்க்கும்படி தகர்ந்து விடும். எப்படி ஒரு செங்குத்தான பாறையின் மேலிருந்து கீழே போடப்படும் கல் விழும்பொழுது ஆற்றலைப் பெறுகின்றதோ அதேபோல் ஞாயிற்றின் புவிஈர்ப்பு தகர்வும்

ஆற்றலை வெளிப்படுத்தும். இவ்வாறு கிடைக்கும் ஆற்றல் ஞாயிற்றின் உட்புறத்திலுள்ள பொருளைச் சூடாக்க உதவும். இந்தச் சூடு வெப்ப நிலையை 10 மில்லியன் டிகிரிகளுக்குமேல் ஆக்கி இதனால் உள்ளழுத்தம் அதிகரித்து மேலுள்ள அடுக்குகளின் எடையைத் தாங்குவதற்கு ஏற்றவாறு அமையும். இந்த நிலையில் சுருக்கம் நிறுத்தப்படும். இதனால் ஞாயிற்றின் உட்புறம் ஏன் வெப்ப நிலை அதிகமாக இருக்கவேண்டும் என்பது தெரிகின்றது. இப்படி இல்லாவிட்டால் வெகு விரைவில் ஒருவித நிலைமாற்றம், ஈடு நிலையை ஏற்படுத்தக் கூடிய அளவிற்கு வெப்ப நிலையை உயர்த்திவிடும். ஒரு வித மாயவித்தையினால் ஞாயிற்றின் வெப்பமனைத்தையும் ஒரு மணிக்குள் திடீரென்று எடுத்துவிட்டால் அப்பொழுது ஞாயிறு அதன் தற்போதைய பரிமாணத்தில் பாதி அளவு பரிமாணத்தோடு ஒரு சமநிலை படைத்து விடும் என்று கணிக்கலாம்.

ஆற்றல் சமநிலையும், மேற்புறச் சமநிலையும் (The energy balance and the surface balance)

இந்தச் சோதனையை உண்மையாகவே நடத்தினால், அப்பொழுது ஞாயிறு அடையும் சமநிலை ஒரு பொருளியக்கத் தன்மையுடையதாக (dynamical character) இருக்கும் என்று காணலாம். ஏனென்றால் ஞாயிறு ஒரு குறிப்பிட்ட பரிமாணத்தை மீட்டிலும் அடையாமல், புதிய சமநிலையின் உள்ளும் வெளியும் மாறி மாறி இயங்கும். இவ்வாறு ஒருமுறை அலைவதற்குச் சில மணி நேரம் ஆகும். இதனால் ஞாயிறு ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவுடன் மாறி மாறித் துடிக்கும். குறைந்த சில நேரங்களில் வெண்சூடாகவும் சில நேரங்களில் நீலச் சூடாகவும் (blue-hot) (நீலச் சூடாக இருப்பது சிறிதாகச் சுருங்கிய நிலையில், வெண்சூடாக இருப்பது பெரிதாக உப்பிய நிலையில்) காணப்படும். இந்தச் சூழ்நிலையில் புவியில் உயிரினங்கள் வாழ முடியுமா என்பது ஐயப்பாடாகும். வட துருவம் தென் துருவம் ஆகிய பகுதிகளில் மட்டுமே வாழ்வது இயலும்.

பல நூற்றாண்டுகளுக்குப் பிறகு இந்த அலைச்சல் முடிந்து ஞாயிறு இப்பொழுது உள்ளதைவிட அதிக வெளிச்சத்துடன் ஒரு நிலையின் மீது அமையும். இது நாற்றிலும் ஆகாது. ஞாயிறு மெதுவாக மீண்டும் விரிவடைந்து சில மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு அது தற்போது இருக்கும் பரிமாணத்தின் அளவிற்கு மாறிவிடும். இந்த மறு விரிவிற்குக் (re-expansion) காரணம் ஞாயிற்றிற்கு இரண்டாவது சமநிலை ஒன்று இருப்பதைப் பொறுத்ததாகும். இது மேலே விவரித்த அழுத்தச் சமநிலையைத் தவிர உள்ள

ஒரு நிலையாகும். இந்த இரண்டாம் சமநிலை ஞாயிறு பரந்த வெளியில் கதிர்வீச்சு வெளிப்பாட்டினால் இழக்க நேரிடும். அதன் ஆற்றலின் அளவுடன் தொடர்புள்ளதாகும். இந்த ஆற்றல் இழப்பு ஒளிக் கோசத்தில் இடைவிடாமல் ஏற்படுகின்றது. மேலும் இது அணுக்களின் உட்கருவைப் பொறுத்த ஒரு வினையைச் சார்ந்திருக்கும். அதாவது ஞாயிற்றின் நடுப் பகுதிகளில் ஆற்றலை உற்பத்தியாக்கும் ஒரு வினையைப் பொறுத்திருக்கிறது. இந்த வினைகள் நாம் அத்தியாயம் 4-ல் ஏற்கனவே விளக்கிய வினைகளே யாகும். இந்த இரண்டாம் வகைச் சமநிலை—ஆற்றல் சமநிலைக்குக் காரணம் முக்கியமானதாகும். மறுபடியும், இந்தக் காரணத்தைப் பற்றி அறியும் முறை யாதெனில், ஆற்றல் சமநிலை இல்லாவிடில் என்ன நேரிடும் என்பதைப் பார்ப்பதே. ஒளிக் கோசத்திலிருந்து தொடர்ச்சியாகத் தப்பிவரும் கதிர்வீச்சினால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பு, உட்புறத்தில் உட்கருச் சார்ந்த வினைகளால் ஏற்படும் ஆற்றல் ஆதாயத்தை விட அதிகமானால், உள் அழுத்தம் ஒரு உறுதியான வகையில் அழுத்தச் சம நிலையைக் காப்பதற்கு வேண்டிய அளவை விடக் குறையும் ஒரு நிலை ஏற்பட்டு விடும். இந்நிலையில் நாம் சமநிலையைப் பற்றி நடத்திய ஆராய்ச்சியிலிருந்து ஞாயிறு சுருங்க நேரிடும் என்பது தெளிவு. இந்தச் சுருக்கம் மெதுவாக கால அளவில் பல மில்லியன் ஆண்டுகள் நேரிடும். இது எப்படி நாம் முன்பு ஞாயிற்றின் உட்புற அழுத்தத்தை மொத்தமாக எடுத்துவிட்டால் சில நிமிட நேரங்களுள் அது சுருங்கிவிடுமோ அதுபோலல்லாது. இம்மாதிரி ஞாயிறு சுருங்குவதால் ஒளிக் கோசத்திலிருந்து இழக்கும் ஆற்றல் வெளிப்பாட்டிலும் உட்கரு வினைகளால் ஏற்படும் ஆற்றல் வெளிப்பாட்டிலும் ஒரு அதிகரிப்பு உண்டாகும். ஆனால், இரண்டாம் முறையில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு முதல் முறையில் ஏற்படும் அதிகரிப்பைக் காட்டிலும் அளவில் அதிகமாகும்; ஆகையினால் வெகு விரைவிலேயே ஆற்றல் உற்பத்தி இழந்த ஆற்றலுக்கு ஈடுகட்டி விடும். ஆற்றலின் உற்பத்தி ஆற்றலின் இழப்பைக் காட்டிலும் அளவில் அதிகமானால் அப்பொழுது ஒரு நேர்மாறான வினை ஏற்படும். அதாவது சமநிலைக்குத் தேவையான அளவிற்கு மேல் உட்புற அழுத்தம் உண்டாக்கப்படும். இதனால் ஞாயிறு கொஞ்சம் கொஞ்சமாக விரிவடையும். இதற்கு ஏற்றவாறு ஆற்றல் உற்பத்தி குறைந்து, இக் குறைவு ஆற்றல் இழப்பு வீதத்தைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்கும். ஆகையினால் கூடிய சீக்கிரமே ஆற்றல் உற்பத்தியும் ஆற்றல் இழப்பும் ஒரு சமநிலையை யடையும்.

இந்த இரண்டாம் நிலையை நாம் முன்பாக எடுத்துக்கொண்ட நிலையான ஞாயிற்றின் தகர்விற்கும் இதன் பிறகு அதன் பழைய

அளவிற்கு விரிவடைந்திருக்கும் காரணமாகும். இருந்தாலும் பல பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு ஞாயிறு சிறியதாகவும், நிலையாகவும், வெளிச்சமாகவும் இருக்கும்.

இந்த விளக்கங்களிலிருந்து ஞாயிறு தற்போது இருக்கும் நிலை தற்செயலானதல்ல என்பது தெளிவாகும். இதன் காரணம் இரண்டு சக்திகளின், அதாவது அழுத்தச் சக்தியும், ஆற்றல் சக்தியும் இவைகளின் தேவைகளே யாகும். இவற்றில் ஏதாவது ஒன்றை ஒரு மாயத்தினால் சிறிது காலம் சக்தியற்றதாக்கினால் ஞாயிறு கண்டிப்பாக அதன் தற்கால நிலைமை யடைந்து விடும்.

புவியில் சென்ற சில பில்லியன் ஆண்டுகளாகக் காணப்படும் ஒரு தனிப்பட்ட வெப்பநிலை, ஞாயிறு சரியானபடி அமையாதிருந்திருக்கலாம் என்பது ஏற்றுக்கொள்ளப்படும் ஆற்றல் சக்தி ஏற்படுவதற்குச் சில பில்லியன் ஆண்டுகளாகின்றன என்ற உண்மையிலிருந்து தெரிகின்றது. இந்தக் கருத்தை முற்றிலும் நிராகரிக்கவிட்டாலும், இதற்கான ஆதாரங்கள் மொத்தத்தில் எதிர்ப்பானவையே. ஞாயிற்றின் அமைப்பு நாமே நன்றாகப் பொருந்தி அமையக்கூடியதாக இருப்பதினால் ஏன் இஞ்ஞாயிறு சிறப்புற ஒரு நிலையை அடைய வேண்டும் என்பது புரியவில்லை. சரியான இந்த நிலை புவியின் தொடக்கப் பிறவியில் ஒரு சிறு மாறுதலை ஏற்படுத்து மனிதர்க்கு ஏற்றபடி சிறிதளவாயினும் சரி. நாம் மேலே கூறிய மாற்றங்கள் அனைத்தும் புவியானவையே—இதனால்தான் 'ஒருவித மாயத்தினால்' என்று குறிப்பிட்டது பொருத்தமாயிற்று. தற்காலத்தில் மாயம் என்பதற்கு ஒன்று நடக்கும் என்று நினைத்தது அது நடக்காமலேயே இருப்பது என்று பொருள். ஆனால் இது பழைய காலத்தில், மேலும் சொல்லப்போனால் சில நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்பு இந்தப் பொருளுடையதல்ல.

மேற் சொன்ன வாதங்களிலிருந்து ஒரு முக்கியப் பிரச்சினை தோன்றுகிறது. ஏன் கதிரியக்கம் ஒளிக்கோளத்தை விட்டு வான வெளியில் தொடர்ந்து தப்பிச் செல்லுகின்றது? இந்தக் கேள்விக்குரிய விடையின் அடிப்படைத் தத்துவம் தெளிவாக இருக்கின்றது. ஒரு பொருளின் வெப்ப நிலை மாறினால் அப்பொழுது ஆற்றல் அதிக வெப்பநிலை யுடைய பகுதிகளிலிருந்து, குறைந்த வெப்ப நிலையுடைய பகுதிகளுக்குச் செல்லுகின்றது. ஆகையினால் ஞாயிறு அதன் மத்தியில் உள்ளது போல் எல்லாப் பகுதிகளிலும் ஒரே வெப்பநிலை யுடையதாக இருந்தாலன்றி, அதிக வெப்பநிலை யுடைய அதன் மையத்திலிருந்து ஆற்றல் வெளிப்புறமாகப் பாய்கின்றது. இந்த நிலையில் ஒளிக் கோளம் மிகவும் அதிகக் கதிரியக்

கத்தை வெளிப்படுத்தி உடனே குளிர்ந்து இதனால் வெப்பநிலையில் ஒரு வேற்றுமை ஏற்படுத்திவிடும். இதனால் இந்தப் புனைவான நிலையிலும் அவசியமாக ஆற்றல் பாய ஆரம்பிக்கும்.

இந்தப் பிந்திய நிலை புனைவான ஒரு நிலையாக இருப்பதே நமக்கு சரியாகும். ஏனென்றால் ஞாயிற்றின் மேற்புறம் ஒரு கதிரியக்க வெப்ப நிலையான 10 மில்லியன் டிகிரிகளிலோ அல்லது இதற்கு மேலாகவோ இருந்தால் அப்பொழுது தப்பிச் செல்லும் ஆற்றல் பெருக்கு மிகவும் முனைப்பாகி இதனால் சில நிமிடங்களுக்குள்ளாகவே புவி முழுவதும் ஆவியாக மாறிவிடும். ஞாயிற்றைப் பொறுத்தவரை இது ஒரு புனைவான நிலையாயினும் சில தனிப்பட்ட விண் மீன்களில், அண்ட வெடிப்பினால் இவைகளின் வெளிப் பகுதிகள் பிரித்து எரியப்பட்டு இந்த நிலை (புனை வானநிலை) உண்மையாகலாம். இவை ஸுபர் நோவி (super nove) என்று சொல்லப்படும் விண்மீன்கள். இவைகளைப்பற்றிப் பின்வரும் ஒரு தனி அத்தியாயத்தில் ஆராயப்படும்.

ஞாயிற்றைப் போன்ற ஒரு சாதாரண விண்மீனின் மேற்புற வெப்பநிலை ஏன் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவில் இருக்கிறது என்பது கீழ்க் கொடுக்கப் பட்டுள்ள வாதங்களிலிருந்து தெளிவாகும். ஒளிக் கோசத்திலிருந்து கதிரியக்கத்தின் வெளிப்பாடு உள்ளிருந்து வரும் ஆற்றல் இயக்கத்தைவிட அதிகமானால் அப்பொழுது மேற்புறம் குளிர் வடைந்து விடும்; இதற்கு நேர்மாறாக ஒளிக் கோசத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஆற்றலின் இழப்பு கீழிருந்து வரும் இயக்கத்தை விடக் குறைவானால் மேற்புறம் ஒரு சமநிலையை அடையப் போதிய அளவு வெப்ப முறும். இவ்வாறாக ஒரு விண் மீனில் ஒளிக் கோசத்திலிருந்து இழக்கப்படும் ஆற்றல் உட்புறங்களிலிருந்து வெளிப்பட்டு வரும் ஆற்றலிற்குச் சமமாகி இதனால் மேலும் ஒரு சமநிலையை அடையும் என்று காண்கிறோம். இவ்வாறாக மேலும் ஏற்படும் சமநிலைதான் ஒரு விண்மீனின் மேற்புற வெப்ப நிலையை நிர்ணயிக்கிறது. ஆகையினால் ஞாயிறு மூன்று விதத்தில் சமநிலையைப் பெறுகின்றது, ஒன்று அழுத்தச் சமநிலை, இரண்டு ஆற்றல் சமநிலை, மூன்றாவதாக மேற்புறச் சமநிலை.

ஆற்றல் பாய்ச்சலின் படிவம் (The pattern of energy flow)

வெப்ப நிலையில் ஓர் ஏற்றத் தாழ்வு ஏற்படும் பொழுது ஆற்றல் பாய்ச்சல் ஏற்படுகின்றது என்பதைத் தவிர மற்றபடி ஞாயிற்றில் எப்படி இது ஏற்படுகிறது என்பதைப் பற்றி இது வரையில் ஒன்றும் சொல்லப்படவில்லை. ஒரு முன் கொதிகலத்தில் வெப்பம் தனிப் பொருளில் (element) ஏற்படுகின்றது. இது தனிப்

பொருளின் வெப்பத்தைக் கொதிகலத்தின் சுற்றுப் பகுதிகளின் வெப்பம், மற்றும் அதில் உள்ள தண்ணீரின் வெப்பம் இவைகளை விட அதிகமாயிருக்கிறது. பொது அனுபவத்திலிருந்து, இதனும் சில நேரம் கழிந்துத் தண்ணீரும், கொதிகலத்தின் சுற்றுப்புறமும் சூடாகி விடுவதை அறிவோம். இது இரண்டு தனிப்பட்ட முறைகளில் ஏற்படுகின்றது. கடத்தல் (conduction) என்ற முறையினால் ஆற்றல் தனிப் பொருளிலிருந்து உலோகச் சுற்றுப் பகுதிகளுக்குப் பாய்கின்றது. அணுக்கள் அமைப்பின் பக்கத்திலுள்ளவைகளால் உதைக்கப்பட்டு, அதாவது ஒரு வாளியை மனிதர்கள் வரிசையாய் நின்று கொடுப்பது போல், இது ஏற்படுகிறது—இதே மாதிரி வாளி ஒரு மனிதனும் அதிகமாக நகராமலேயே நெடு தூரம் செல்லலாமோ அது போகவேண்டிய வைத்துப் போகலாம். தனிப்பொருளிலிருந்து தண்ணீருக்குச் செல்லும் ஆற்றல் நகர் முறை கடத்தல் என்ற முறையின்படி செல்லும். இந்த முறை காப்பாற் போன்றல் வரிசையாய் உள்ள மனிதர்கள் ஒருவரிடமிருந்து மற்றொருவருக்குக் கொடுக்காமல், தனித்தனியே பிரிந்து அவரவர்களின் வாளியைத் தாங்களே எடுத்துச் செல்வது போலாகும். இந்த முறையில் வாளிகளும், மனிதர்களும் ஒரே தூரம்தான் செல்லுவார்கள். ஒரு திண்மப் பொருளில் அணுக்கள் ஒரு கெட்டிப்புக் கட்டமைப்பாய் அமைகின்றது; இவை சுயேச்சையாக நகர முடியாது. வெப்ப-ஓட்டம் கடத்தல் முறையில்தான் ஏற்படும், அதாவது ஓர் உலோக கொதிகலத்தின் சுற்றுப் புறங்களில் வெப்ப ஓட்டம் ஏற்படுவது போல். ஒரு திரவத்திலோ அல்லது வாயுவிலோ வெப்ப ஓட்டம் நடத்தல் முறையாகவும் நகர் முறை கடத்தல் முறையாகவும் ஏற்படுகிறது. ஆனால் ஏதாவது ஒரு குறிந்த நிலைமையில் இவ்விரண்டு முறைகளில் ஏதாவது ஒன்று தான் பெரும்பான்மையாக இருக்கும். ஒரு கொதிகலத்திலுள்ள தண்ணீர் நகர் முறை கடத்தலினால் சூடாக்கப்படும், இது (நகர்முறை கடத்தல்) சுற்றிக் குமிழிகள் ஏற்படுவதிலும் உண்டாகும். பாதரசத்தை (mercury) ஒரு கொதிகலத்தில் சூடாக்கினால் அப்பொழுது வெப்பம் முக்கியமாகக் கடத்தல் முறையில் ஏற்படும். பாதரசம் திரவமாக இருந்தாலும் இது ஏற்படுகிறது. ஒரு வாயுவில் நகர் முறை கடத்தல் தான் அநேகமாக பெரும்பான்மையாகும். இதில் சில விலக்குகளிருக்கலாம். ஞாயிற்றைப் போன்ற விண்மீன்களில் கடத்தல் மிகவும் முக்கியமானதாகும்.

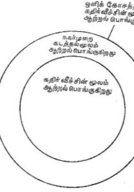
ஆற்றல் மூன்றாவது முறையான கதிர்வீச்சு முறையிலும் பாயலாம். ஒரு மனிதன் ஒரு வெளிப்படையாக எரிந்து கொண்டிருக்கும் தீயின் அருகில் நின்று கொண்டு தன் கால் சட்டையைப் போட்டால் அப்பொழுது இவ்விரைவு கால் சட்டையும் நெருப்

புக்கும் இடையில் உள்ள இடத்தில் கதிரியக்கப் பாய்ச்சலினுல் ஏற்படுகின்றது. கடத்தலும், நகர் முறைக் கடத்தலும் பொருள்களின் தொகையினுலும் இயக்கத்தினுலும் ஏற்படுகின்றது. இவை கதிரியக்கத்தைப் போல் வெற்றிடத்தில் ஏற்படாது. பொருளிருந்தாலும், இல்லாவிட்டாலும் கதிரியக்கம் ஆற்றலைப் பாய்ச்சுகின்றது. அதிகப் பொருள் நிரட்டை உடைய ஞாயிற்றின் உட்புறத்தில் கதிரியக்கம்தான் மாற்றம் செய்வதற்கு முக்கிய ஆதாரமாக இருக்கிறது. இதுதான் பொருளற்ற (வெற்றிடமாக இருக்கும்) இடைவெளி வழியே ஞாயிற்றிலிருந்து புவிக்கு ஆற்றலைச் செலுத்துகிறது.

ஞாயிற்றின் மிக உட்புறத்திலுள்ள கதிரியக்கம் ஒளிக்கோளத்திலிருந்து வெளிப்படும் சாதாரண ஒளியைப் போலும் வெப்பத்தைப் போலும் ஆகாது. இது பெரும்பாலான அளவிலும் அல்ட்ரா-வயலட் ஒளி ஆகாது. இது X-கதிர்கள் என்று சொல்லப்படும் வகையைச் சேர்ந்தது. (இந்தப் பெயர் X-கதிர்களின் அமைப்பைப் பற்றி ஒன்றும் தெரியாத காலத்தில் கொடுக்கப்பட்டது. X-என்பது அறியாமையைக் குறிக்கின்றது. இதைவிட வேறு சிறந்த பெயர் இல்லாததினுல் இதையே பயன்படுத்தி வருகிறோம்.) அணுவின் உட்கருவைச் சுற்றியுள்ள மேகங்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை உதைத்து வெளியேற்ற X-கதிர்களும் அல்ட்ரா-வையலட் கதிர்களும் மிகவும் திறமையுள்ளவை. இது தான் ஒளி-மின் முறையாகும். இந்த முறை மிகவும் வலுவானதால் ஞாயிற்றினுள் உள்ள கிட்டத்தட்ட எல்லா அணுக்களும் அவைகளின் எலெக்ட்ரான் மேகங்களை முற்றிலும் இழந்து விடுகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் சுயேச்சையாகத் திரியலாம். இவை எந்த அணுவோடும் தொடர்புடையவை அல்ல. அப்படி இருந்தாலும் அது அரிதாகும். ஒவ்வொரு சமயம் ஒரு எலெக்ட்ரான் அணுவோடு சேரலாம். ஆனுல் உடனேயே அது உதைத்துத் தள்ளப்படும். அணுக் கருக்களும், எலெக்ட்ரான்களும் முற்றிலும் சுயேச்சையாகத் திரியக் கூடியவைகளானபடியால் ஞாயிற்றின் உட்புறத்தில் வாயுப் பொருள் இருக்கின்றது. ஞாயிற்றின் மையப் பகுதிகளில் பொருள் அடர்த்தி தண்ணீரின் அடர்த்தியை விட அதிகமாயினும் இந்நிலை காணப்படுகிறது. (ஒரு திண்மைப் பொருளில் துகள்கள் சுற்றியலைய முடியாது என்றும், திரவத்தில் கூட இவ்வாறுன அலைச்சல் ஓரளவே சாத்தியமாகும் என்பதும் தெரிந்ததே.)

ஞாயிற்றின் உட்பகுதிகளில் கதிரியக்கமே நன்ருக ஆற்றலை மாற்றக்கூடிய திறமை உடையதாயினும், நடைமுறைக் கடத்

தலை வெளிப் பகுதிகளில் நல்ல பயனுள்ளதாகும். ஆனால், ஒளிக் கோசத்தின் அருகில் இம்மாற்றம் கதிரியக்கத்தினால் தான் இயலும். இந்த மாறுபட்ட விளைவு எல்லைகளைப் படம் 10-ல் காணலாம். படம் 10-ல் ஞாயிற்றின் வெளிப்புற மூன்றாவது பகுதி நகர் முறைக் கடத்தல் வகையைச் சேர்ந்தது. இதனால் கதிரியக்க முறையில் ஏற்படும் மாறுபாடு முடிவடைந்ததாகாது. இதனால் உட்புறக் கதிரியக்கப் பகுதியிலிருந்து ஆற்றலைப் பாய்ச்ச, வெளிப்புறப் பகுதிகள் நகர் முறைக் கடத்தலை ஆட்கொள்ள வேண்டும். கதிரியக்கம் மட்டும் இடமாற்றம் செய்வதற்குப் போதியதாகாது.



படம் 10. ஞாயிற்றின் உட்புறத்தில் ஆற்றல் பாய்ச்சல் உள்ள பகுதிகள்

ஞாயிற்றின் வெளிப்புறமுள்ள மூன்றாவது பகுதி ஆற்றலை உள்ளிருந்து வெளியே செலுத்துவதற்காகக் கொதித்துக் கொண்டிருக்கும் ஒரு வாயுவைக் கொண்டதாகும்.

ஆற்றலை வான வெளியில் தப்பி ஓடச் செய்வதற்கு ஒளிக் கோசத்தில் ஆற்றல் பெருக்கானது கதிரியக்கமாக மறுபடியும் மாறவேண்டும்; ஏனென்றால் கதிரியக்கத்தினால் தான் இவ்வாறு செய்யமுடியும். பொருளற்ற ஞாயிற்றின் வெளிப்புறப் பகுதி

களில் கதிரியக்கம் மட்டும் தான் ஆற்றலைக் கடத்திச் செல்லும். இந்தப் பின்மாற்றத்தினால் தான் மேற்கூறிய மூன்றும் சமநிலை வேலை செய்கிறது. ஒளிக் கோசம் கீழேயிருந்து கடந்து வரும் ஆற்றல் எந்த அளவில் வருகின்றதோ அதே அளவில் தான் ஆற்றலை வானவெளியில் பரவவிடும்.

படம் 10-ல் கொடுக்கப்பட்ட நகர் முறைக் கடத்தல் பகுதியின் ஆழத்தைக் கணக்கீட்டினால் தான் அறிய முடியும். ஏனென்றால், இதை நேரிடையாகக் காண முடியாது. தற்போதைய கணக்கீட்டின்படி கதிரியக்க வெப்பநிலை 3 மில்லியன் டிகிரிகளாகவும் அடர்த்தி தண்ணீரைப் போல் மூன்றில் ஒரு பாகமாகவும் உள்ள ஒளிக் கோசத்தின் கீழ்ப் பகுதிகளிற்குப் பரவியிருக்கும் மொத்தக் கன பரிமாணத்தில் பாதி நகர்முறைக் கடத்தல் பகுதிகளாயினும் ஞாயிற்றின் பொருளில் இந்தப் பகுதி ஒன்று அல்லது இரண்டு சதவீதம் தான் கொண்டதாகும்.

முன் கொடுக்கப்பட்ட ஆராய்ச்சி ஞாயிற்றின் தற்போதைய நிலையைப் பற்றியதாயினும், ஞாயிற்றின் எதிர்காலம் எப்படி இருக்கலாம் என்பதற்கு ஒரு தகுந்த முன் குறிப்பாகும்—இது மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்த ஒரு பிரச்சினையாகும். ஏனென்றால், இதிலிருந்து புவியின் முடிவு என்ன என்பதைக் கண்டறியலாம். இப்பொழுது நன்றாக ஆராய முடியாத ஒரு பொருள் அமைப்பின் நிலையைக் கொண்டு பல ஆண்டுகளுக்குப் பின்னால் என்ன நேரிடும் என்பதைத் தெளிவு படுத்த முயலுவது துணிச்சலான ஒரு காரியமாகும். ஞாயிறு எதிர்காலத்தில் என்ன செய்யும் என்று நினைக்கின்றோமோ அதை இப்பொழுதே செய்துகொண்டிருக்கும் விண்மீன்களைக் கண்டறிவது இயலும் என்பதைப் பின்னால் காண்போம். ஆகையினால் நம்முடைய முன் அறிவித்த உண்மைகள் **(prediction)** சரியா தவறா என்பதை சரிபார்க்கப் பல ஆயிரம் மில்லியன் ஆண்டுகள் காத்திருக்க வேண்டியதில்லை.

விண்மீன்களைக் குறித்தல் (Representing the stars)

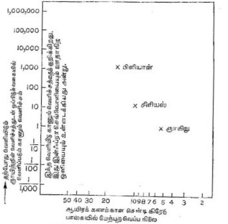
இந்த அத்தியாயத்தில் இனி வரும் பகுதிகளில் முக்கியமாக ஞாயிற்றின் எதிர்கால வளர்ச்சியைப் பற்றி ஆராய்வோம். ஆனால் இந்தத் தலைப்பை இதற்குள் ஆராயமுடியாது. வான நூல் அறிஞர்கள் விண் மீன்களின் வெளிப்படை அமைப்புகளை எவ்வாறு குறிப்பிடுகிறார்கள் என்பதை முதலில் கூறவேண்டும். நேரிடையாகக் கண்டு ஆராயக் கூடிய விண்மீன்களின் இரண்டு பண்புகளாவன.

(i) ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவில் பார்க்கக் கூடிய வெளிச்சத்தின் அளவு—இதனை வெளிச்ச அளவு (**brightness**) என்று குறிப்பிடுவோம்.

(ii) அலை-நீளத்தின்படி ஒளியின் பரவல் (அதாவது நிறத்திற்கு ஏற்றபடி).

இந்த இரண்டாம் பண்பிலிருந்து விண்மீனின் மேற்புற வெப்ப நிலையைக் கணக்கிட்டறியலாம்.

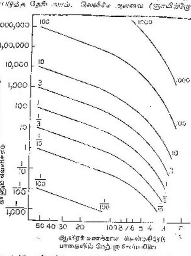
இந்த இரண்டு பண்புகளையும் படம் 11 காட்டுகின்றது. இது தான் பிரசித்திபெற்ற ஹெர்ட்ஸ்புருங்-ரஸ்ஸல் படம் (Hertzsprung-



படம் 11. ஹெர்ட்ஸ்புருங்—ரஸ்ஸல் படம்

Russell diagram) அல்லது சுருக்கமாக நாம் குறிப்பிடப் போகும் H-R படம் ஆகும், மேற்புற வெப்பநிலை வலமிருந்து இடப்பக்கம் போகப் போக அதிகரித்துக் கொண்டே போகும்படி.

படத்தில் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. இது வழக்கமாக இடமிருந்து வலமாகச் செல்லச் செல்ல வெப்பநிலை அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்கும் முறைக்கு மாறாகக் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. பழமை வாய்ந்த இந்த முறையில் ஒரு நன்மையும் கிடையாது. இது சரித்திர ரீதியில் ஏற்பட்ட ஒரு அமைப்பு முறையாகும். இதை மாற்றலாம். ஆனால், இதனால் ஒரு தீங்கும் இருக்காது. ஆகையினால், இதை மாற்றுவது தேவையானது அல்ல. இடமிருந்து வலம் செல்லுவது போலவே எதிரில் வலமிருந்து இடம் செல்லலாம். சாதாரண வாழ்க்கையில் நாம் பொதுவாக வழக்க முறைகளைக் கையாண்டாலும் இதைச் சில சமயங்களில் தேவைக்கு ஏற்பப் பயன்படுத்த நேரிடலாம். வெளிச்ச அளவை (சூரியனிலிருந்து ஒப்



படம் 12. ஒரே வகை அரைப்படங்களின் வளை கோடுகள். நிலை வரம்பிலிருந்து ஒப்பிடும் வகையில் உள்ளன.

பிடும் வகையில்) குறிப்பிட்டிருக்கும் முறை தவிர்ப்பட்ட தொகை யும் : பத்துப் பத்தாகக் குறிக்கப்பட்டுள்ளது.

படம் 11-ன் முக்கியச் சிறப்பு யாதெனில், ஒரு விண் மீனை ஒரு புள்ளியினால் இந்தப் படத்தில் குறித்த அதன் வெளிச்ச அளவு மேற்புற வெப்பநிலை இவைகளை உடனடியாகவே கண்டறியலாம். படம் 11-ல் ஞாயிறு, பிரசித்தி பெற்ற சிரியஸ் (Sirius) மற்றும் பிளியாடிஸில் (Pleiades, படம் XVII) உள்ள மிகவும் வெளிச்சமான ப்ளியோன் (Pleione) ஆகிய மூன்று விண்மீன்கள் குறிக்கப் பட்டுள்ளன.

இதிலிருந்து சிரியஸ் ஞாயிற்றைப்போல் 20 மடங்கு வெளிச்சமாக இருக்கின்றது என்பது உடனடியாகத் தெரிகின்றது. ப்ளியோன் 1,000 மடங்குகளுக்குமேல் ஞாயிற்றைவிட வெளிச்சமானது என்பதும் தெரிகின்றது. சிரியாஸின் மேற்புற வெப்பநிலை கிட்டத்தட்ட 10,000°C ஆகும். ப்ளியோனின் மேற்புற வெப்பநிலை கிட்டதட்ட 15,000°C ஆகும்.

H–R படத்தில் ஒரு விண் மீனின் இடக் குறிப்பு அதன் மேற்புற வெப்பநிலை, வெளிச்ச அளவு இவைகளைத் தவிர இன்னும் சில தகவல்களைக் கொடுக்கின்றது. இது விண்மீனின் பரிமாணத்தையும் கொடுக்கின்றது. விண்மீனின் மேற்புற வெப்பநிலை, வெளிச்ச அளவு இவைகளைக் கொண்டு கணக்கிட்டால் இப்பரிமாணம் கிடைக்கும். ஒரே அளவுடைய எல்லைக் கோடுகள் படம் 12-ல் வரையப்பட்டிருக்கின்றன. இந்தப் பரிமாணத்திற்கு மூல அளவு ஞாயிற்றின் அரைவிட்டமேயாகும் (அதாவது ஞாயிற்றின் ஒளிக் கோசத்தின் அரைவிட்டம்). இந்த எல்லைக் கோடுகளினால் ஒரு விண்மீனின் பரிமாணத்தைப் படத்தில் அதன் இடப்புள்ளியைக் கொண்டு கண்டுபிடித்து விடலாம். உதாரணமாகச் சிரியஸ் ஞாயிற்றைப் போல் பரிமாணத்தில் அரைப்பாகம் அதிகமாகும். ப்ளியோவின் அரைவிட்டம் ஞாயிற்றின் விட்டத்தில் 5 மடங்குகளாகும்.

H–R படத்தில் ஒரு விண்மீனின் இடத்தை நிர்ணயிப்பது எது ? வான நூலின்படி இதை நிர்ணயிப்பது இரண்டு காரணங்களாகும். ஒன்று விண்மீனின் பொருண்மை, அதாவது அது எவ்வளவு பொருளை உடையது என்பதும் மற்றொன்று அது எதனால் அமைக்கப்பட்டது என்பது, அதாவது எந்த இரசாயனத் தனிப் பொருள்களைக் கொண்டு அமைக்கப்பட்டது என்பது அதாவது விண்மீன் எவ்வளவு பொருளைக் கொண்டது என்பதும் எந்தெந்தப் பொருளைக் கொண்டு அமைக்கப்பட்டது என்பதும் அமைப்பு முறையில் விண்மீனில் எல்லாப் பகுதிகளும் ஒரேமாதிரி அமைக்கப் படா விட்டால் எவ்வாறு மாறுபாடுகள் ஏற்படுகின்றன என்பதும் தெரியவேண்டும்.

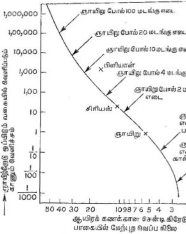
மிகவும் எளிதாக உள்ள ஒரு நிலை யாதெனில் வெவ்வேறு அளவுகளில் பொருள் திரட்டுகளை உடையவையாயும்—ஆனால், இப்பொருள்கள் ஒரேமாதிரியான கூட்டமைப்பாயும் இருக்கலாகும். இது பயனற்ற ஒரு நிலையாகாது. ஏனென்றால், இது விண்மீன்கள் இடைவெளி வாயு மேகங்களிலிருந்து அவை பிறக்கும் ஒரு நிலையைக் குறிக்கின்றது. ஞாயிறு பிறந்த வேளையிலேயே விண்மீன் வாயு மேகங்களிலிருந்து பிறந்தால் அவைகளின் கூட்டு எடைப்படி, கிட்டத்தட்டக் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளபடி இருக்கும்.

கார்பன், நைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன், நியான் மற்றும் ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் இவைகளைத் தவிர உலோகமல்லாத தனிமங்கள்.	1 சத வீதம்
உலோகங்கள்	$\frac{1}{4}$ சத வீதம்
ஹீலியம்	10 சத வீதம்
ஹைட்ரஜன்	மீதி

இதே கூட்டமைப்பை உடைய வெவ்வேறு பொருண்மைகளைக் கொண்ட விண்மீன்கள் நம் படத்தில் எந்த இடங்களைப் பெறும்? இதற்கான விடையைப் படம் 13 அளிக்கின்றது. இவை இப்படத்தில் காட்டப்பட்டிருக்கும் கோட்டோடு பொருந்தி அமையும். இந்தக் கோட்டிற்கு ஒரு தனிப் பெயர் உண்டு. இது முக்கிய வரிசை (main - sequence) என்று அழைக்கப்படுகின்றது. இந்தக் கோட்டிற்கு மேலும், அருகாமையிலும் உள்ள விண்மீன்கள் முக்கிய வரிசை விண்மீன்கள் என்று அழைக்கப்படும். ஞாயிறு, சிரியஸ், மற்றும் பிளியோன் (Pleione) ஆகிய விண்மீன்கள் படம் 13-ல் இக் கோட்டிற்கு அருகாமையில் இருக்கின்றன. இவை முக்கிய வரிசை விண்மீன்கள்.

முக்கிய வரிசை விண்மீன்களை விட்டுச் செல்வதற்கு முன் இவைகளின் பொருண்மை எவ்வாறு படத்தில் உள்ள கோட்டில் இவைகளின் இடத்தை நிர்ணயிக்கின்றன என்பதைப்பற்றிச் சற்று விரிவாகக் கூறுவது அவசியம். ஞாயிறின் பொருள் அமைப்பில் ஐந்தில் ஒரு பங்கை உடைய ஒரு விண்மீனின் வெளிச்ச அளவு ஞாயிற்றின் வெளிச்சத்தில் பத்தில் ஒரு பங்கு சதவீத அளவில் இருக்கும். ஞாயிற்றைப் போன்று இரண்டு மடங்குப் பொருளை உடைய ஒரு விண்மீன் ஞாயிற்றைப் போல் பத்து மடங்கு வெளிச்சத்தை உடையதாக இருக்கும். ஞாயிற்றைப் போன்று பத்து மடங்குப் பொருளை உடைய ஒரு விண்மீன் ஞாயிற்றைப் போன்று

பத்தாயிரம் மடங்கு வெளிச்சத்தை உடையதாக இருக்கும். இவை களுக்கு இணையான மேற்புற வெப்பநிலைகள் முறையே 3,000°C, 10,000°C, 20,000°C ஆகும். ஒரு விண்மீனின் முக்கிய வரிசை இடத்திற்கும் அதன் பொருண்மைக்கும் உள்ள தொடர்பைப் படம் 13-ல் கொடுக்கப்பட்ட குறியீடுகளிலிருந்து அறியலாம்.



படம் 13. முக்கிய வரிசை

ஞாயிற்றின் படிமுறை வளர்ச்சி (The evolution of the Sun)

முக்கிய வரிசையில் ஒரு விண்மீனின் இடம் அணுக்கரு விளைவினால் ஒரு விண்மீனின் பொருள் கூட்டில் ஒரு மாறுதலை ஏற்படுத்து வதற்கு முன்னும் இதற்குப் பிறகு ஏற்படும் குளிர்விற்குப் பிறகும் உள்ள ஒரு நிலையைப் பொருந்தியதாகும். ஞாயிற்றை விட வெளிச்சத்தில் பத்து மடங்கிற்குள்ளிருக்கும் விண்மீன்களின் உட்புறத்தில் ஏற்படும் அணுக் கரு விளைவு ஏற்கனவே அத்தியாயம் 4-ல் விவரித்தபடி இருக்கும்—புரோட்டான் தொடர்விளைவுகள் (proton

chain reactions) என்று இவைகளைக் குறிப்பிடலாம். இவைகளிலின்றும் மாறுபட்ட விளைவுகளான கார்பன்—நைட்ரஜன் சுழற்சி (Carbon—nitrogen cycle) வெளிச்ச அளவு அதிகமாக உடைய விண்மீன்களில் புரோட்டான் தொடர் விளைவுகளைக் காட்டிலும் அதிகப் பயனுடையதாகும்.

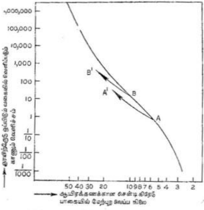
H-A-பெதே (H-A-Bethe) என்பவரால் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட கார்பன்-நைட்ரஜன் சுழற்சிப்படி ஏற்படும் விளைவுகள் விவரமாகக் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

C^{12} (p;γ) N^{13}	குறியீடுகளின் பொருள் C^{12} (6 புரோட்டான்கள், 6 நியூட்ரான்கள்) கூட ஒரு புரோட்டானும் சேர்ந்து N^{13} (7 புரோட்டான்கள், 6 நியூட்ரான்கள்) கிடைக்கின்றன. r—கதிர் வெளிப்படுகின்றது.
N^{13} (β) C^{13}	N^{13}, β-முறைக்குக் கீழ்ப்பட்டு C^{13} (6 புரோட்டான்களும், 7 நியூட்ரான்களும்) என்று மாறுகிறது.
C^{13} (p,γ) N^{14}	C^{13} கூட ஒரு புரோட்டானும் சேர்ந்து N^{14} கிடைக்கின்றது (7 புரோட்டான்களும் 7 நியூட்ரான்களும்) ஒரு r-கதிர் வெளிப்படும்.
N^{14} (p,r) O^{15}	N^{14} கூட ஒரு புரோட்டான் சேர்ந்து O^{15} (8 புரோட்டான்களும், 7 நியூட்ரான்களும்) கிடைக்கின்றது, ஒரு r-கதிர் வெளிப்படும்.
O^{15} (β) N^{15}	O^{15} ஒரு β-முறையை அடைகிறது. இதனால் N^{15} (7 புரோட்டான்களும் 8 நியூட்ரான்களும்) ஆக மாறும்.
N^{15} (p, He^4) C^{12}	N^{15} கூட ஒரு புரோட்டான் சேர்ந்து C^{12} கிடைக்கின்றது. He^4 (2 புரோட்டான்களும், 2 நியூட்ரான்களும்) வெளிப்படும்.

இந்த முறைகளைப்பற்றிய கடைசித் தகவல் W.A. ஃபௌலர் (W. A. Fowler) என்பவரால் கொடுக்கப்பட்டது.

முன் கொடுக்கப்பட்ட அட்டவணையில் கடைசியாக இருக்கும் விளைவுகள் விளக்கத்துக்குரியனவாகும். ஒரு புரோட்டானை N^{15} உடன் சேர்த்தால், O^{16} (8 புரோட்டான்களும், 8 நியூட்ரான்

களும்) கிடைத்து, γ-கதிர் வெளிப்படுவதற்குப் பதில் வேறு ஏதோ விளைகின்றது. அணுக்கரு அதன் முதல் நிலையை அடைந்து C^{12} ஆக மாறி, ஹீலியம் வெளிப்படுகிறது. தெளிவாக C^{12} (நைட்ரஜனும்கூட) இதே சுழற்சி விளைவை அடையலாம். வேதிநூலில் ஒரு பொருள் தான் ஒரு மாறுதலும் அடையாமல் ஒரு விளைவை ஏற்படுத்தினால் அதற்கு ஊக்கி (catalyst) என்று பெயர். அதே போல் (இங்கே) கார்பன், நைட்ரஜன் இவைகளை அணு ஊக்கிகளாகக் (nuclear catalysts) கருதலாம். கார்பன்-நைட்ரஜன் சுழற்சியில் ஹைட்ரஜன் ஹீலியமாக மாற்றப்பட்டு ஆற்றல்



படம் 14. கலப்பட விண்மீன்களின் படிமுறை வளர்ச்சி

வெளிப்படுகிறது—இது ஒரு தொகுதியான விளைவுகளின் பயனே. ஆற்றல் பல விதங்களில் வெளிப்படும்.

γ-கதிர்களிலும், நேர்நிலையான தன்மைகளையுடைய எலெக்ட்ரான்களிலும் மற்றும் β-விளைவுகளில் வெளிப்படும் நியூட்டிரினோஸ் (neutrinos), அட்டவணையில் கடைசியாக இருக்கும் விளைவில் வெளிப்படும் He^4 துகள்களின் இயக்க ஆற்றல் இவைகளிலும்

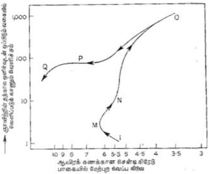
வெளிப்படும். இந்த எல்லா ஆற்றல் வெளிப்பாடுகளும், நியூட்டிரினோவிலிருந்து வெளிப்படும் ஆற்றலைத் தவிர, விண்மீன்களின் பொருளில் சேர்த்துக் கொள்ளப்படும். நியூட்ரினோஸ் விண்மீனை விட்டு வெளியேறி அவைகளின் ஆற்றலை இழந்து விடுகின்றன. புரோட்டான் தொடரைப் போல், கார்பன்-நைட்ரஜன் சுழற்சியினால் உற்பத்தியாக்கப்படும் ஆற்றல், சாதாரண அளவீடுகளின் படி, ஏராளமாகும்—100 டன்கள் ஹைட்ரஜனை ஹீலியமாக ஆக்குவதினால் ஏற்படும் ஆற்றல் வெளிப்பாடு மனித இனம் முழுதும் ஓர் ஆண்டிற்குள் பயன்படுத்தும் ஆற்றலை விட அளவில் அதிகமாகும்.

ஒரு விண்மீனின் ஆற்றல் உற்பத்திக்கு, கார்பன்-நைட்ரஜன் சுழற்சியே மூலகாரணமாயினும், அல்லது புரோட்டான்—தொடராயினும் முடிவில் அமைப்பில் ஏற்படும் மாறுதல் ஒன்றேயாகும். ஹைட்ரஜன் ஹீலியமாக்கப்படுவது—அமைப்பு முறை இவ்விரண்டிலும் வெவ்வேறாயினும், முடிவு ஒன்றேயாகும். காலப் போக்கில் ஹைட்ரஜனின் அளவு குறைந்து ஹீலியத்தின் அளவு அதிகமாகிறது. இவ்வாறு உற்பத்தியாகும் ஹீலியம், விண்மீனில் மெதுவாகச் சுற்றிக் கொண்டிருக்கும் ஓட்டங்களினால் (currents) விண்மீனோடு முற்றிலும் சேர்க்கப்பட்டு விடுகின்றது என்று நினைக்கப்பட்டது. ஆனால், கடந்த சில ஆண்டுகளாக வான நூல் அறிஞர்கள் இது சரிதானா என்று ஐயமுறுகின்றனர் —எந்த விதச் சுற்றோட்டமும் ஏற்படுவது சாத்தியமாகத் தோன்றவில்லை, இது L. மெஸ்டல் (L. Mestel) என்பவரால் சமீபத்தில் நடத்தப் பட்ட ஆராய்ச்சியின் விளைவாகும். விண் மீனின் உட்புறத்தில் காந்தப் புலன்கள் ஓரளவு சுற்றோட்டத்தை உண்டாக்குமோ என்பது தான் (மீதியாக உள்ள) தெளிவு பெற வேண்டிய ஒரு நிலையாகும்.

ஹீலியம் கலக்கப்படுகிறதா இல்லையா என்பதை யொட்டி ஒரு விண்மீனின் படி முறை வளர்ச்சியை நிர்ணயிக்கும் பிரச்சினை அமையும். ஹீலியம் முற்றிலும் கலக்கப்படும் பொழுது, ஒரு விண்மீன், H-R படத்தில் உள்ள அதன் இடத்தில், காலவரிதியில் மெதுவாக மாறுதலடையும். இருந்தாலும், இதனால் முழுவரிசைக் கோட்டிலிருந்து அது அதிக தூரம் விலகிச் செல்லாது. இந்த மாறுபாடுகள் படம் 14-ல் காட்டியுள்ளபடி அமையும். ஒரு விண்மீன் ஆரம்பத்தில் (ஞாயிற்றுக்கு அருகாமையில் உள்ள) A என்ற புள்ளியிலிருந்தால் அது வளர்ச்சி முறையில் A என்ற புள்ளிக்கு நேர்க் கோட்டில் செல்லும். ஆரம்பத்தில் சிரியஸிற்கு (Sirius) அருகாமையில் உள்ள) B என்ற புள்ளியிலிருந்தால் B என்ற புள்ளிக்கு நேர் கோட்டில் செல்லும். இந்த வளர்ச்சிக் கோடுகள்

முக்கிய வரிசையை ஒட்டி இல்லாவிட்டாலும் இதிலிருந்து சற்று இடது புறமாக ஒதுங்கிச் செல்லும்.

சாதாரணமாக நடக்கக் கூடிய வகையில் ஹீலியம் உற்பத்தி யான இடத்திலேயே தங்கி விட்டால் அப்பொழுது ஞாயிற்றின் எதிர் காலம் படம் 15-ல் காட்டியுள்ளபடி இருக்கும். இது திடீ ரென நிகழும் ஒரு படி முறை வளர்ச்சியாகும். ஞாயிறு M என்ற வளை கோட்டின் வளைவில் உள்ள புள்ளியை நோக்கிச் செல்லும். இதிலிருந்து ஏற்படும் வளை கோட்டின் வளைவு (பாய்ச்சல்) வெளிச்ச அளவின் மிகுதியைக் குறிக்கும். இந்த வெளிச்ச அளவு கடைசி



படம் 15. கலக்கப்படாத விண்மீனின் படிமுறை வளர்ச்சி

யில் புவியை ஆவியாக்கும் அளவிற்கு அதிகமாக இருக்கும். இந்த நிலையில் ஞாயிறு மிகவும் விரிவடைந்து மேற்புற வெப்ப நிலை திடீ ரெனக் குறையும். O என்ற புள்ளியில் ஞாயிறு அதன் தற்போதைய பரிமாணத்தைப் போல் 200 அல்லது 300 மடங்குகள் இருக்கும். இந்த விரிவு, ஞாயிற்றை புதன், வெள்ளி மற்றும் புவி ஆகிய வற்றை அமிழ்த்தி விடச் செய்யும். O வைச் சுற்றி வளைந்த பிறகு ஒரு பொதுவான சுருக்கம் ஏற்படுகிறது. இந்தச் சுருக்கத்தோடு வெளிச்சத்தில் ஒரு குறைவும் மேற்புற வெப்ப நிலையில் ஒரு அதிகரிப்பும் ஏற்படுகின்றன. p என்ற புள்ளியை அடைந்தவுடன்

ஞாயிறு ஒரு நீல விண் மீனுகி அதன் பரிமாணம் தற்போதைய பரிமாணத்தைப் போலாகி வெளிச்சம் அதிகமாகவும் காணப்படும். P என்ற புள்ளிக்கு அப்பால் ஏற்படும் படிமுறை வளர்ச்சி பின் வரும் ஓர் அத்தியாயத்தில் விவரிக்கப்படும்.

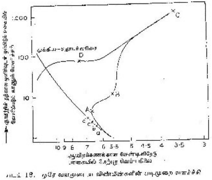
புவியில் உயிரினங்கள் அழிவதற்கு இவ்வளவு விசித்திரமான நிகழ்ச்சிகள் ஏற்படவேண்டியதில்லை. M என்ற புள்ளியில் உள்ள வளைவை அடைந்தவுடன் ஞாயிறு இப்பொழுது உள்ளதைப்போல் 3 மடங்குகள் வெளிச்சத்தை உடையதாகும். இது புவியின் சராசரி வெப்பநிலையைத் தண்ணீரின் கொதி நிலைக்கு அதிகரித்து விடும். இது எல்லாவகை உயிரினங்களுக்கும் அபாயமாகும்.

படி முறை வளர்ச்சி ஒரே மாதிரியான வகையில் ஏற்படாது. படம் 15-ல் உள்ள வளைகோட்டில் ஞாயிறு ஒரே வேகத்தில் இயங்காது. O-விலிருந்து P-வரை ஏற்படும்படி முறை வளர்ச்சிக்கான கால அளவு M என்ற புள்ளி வரை செல்லுவதற்கான கால அளவைவிட நூறு மடங்கு அதிகமாகும். என்னவாகிறதென்றால், முதலில் படிமுறை வளர்ச்சி மிகவும் மெதுவாக ஆரம்பித்து M என்ற புள்ளியைக் கடந்த பிறகு அதிக விரைவாகின்றது. பின்பு ஏற்படும் மாறுதல்கள் விசித்திரமாக இருப்பதோடு கூட இந்த மாறுதல்கள் மிகவும் விரைவாக ஏற்படுகின்றன. இதனால் தான் ஞாயிறு M வரை செல்வதற்கு இவ்வளவு காலம் எடுத்துக் கொண்டது. 4,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் கடந்தும் இன்னும் வளைவுப் புள்ளியை அடையவில்லை. இன்னும் 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளில், நிலைமையே மாறிவிடலாம். ஞாயிறு ஒரு மூர்க்கமான நிலையை அடைந்துவிடும். இப்பொழுதுள்ளபடி அமைதியான நிலையில் இருக்காது. இன்னும் 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் கழித்து ஞாயிறும், மற்றும் இதர விண்மீன்களும் இந்த நிலையை அடைந்துவிடும்.

உருண்டைக் கொத்து வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் (The evolution of the stars of the globular clusters)

ஞாயிற்றைப் போன்ற பொருண்மைகளை உடைய இதர விண்மீன்களும் படம் 15-ல் உள்ள வளை கோட்டிலுள்ள படியே வளர்ச்சி மாற்ற மடையும். ஞாயிற்றை விட அதிகப் பொருளை உடைய விண்மீன்கள் ஞாயிற்றை விட இன்னும் விரைவான படிமுறை வளர்ச்சியை யடையும். ஞாயிற்றை விடக் குறைந்த பொருளை உடைய விண்மீன்கள் ஞாயிற்றை விட அதிகக் காலத்தை உடையனவாகும். இந்த மாறுபாடுகள் ஒரு சிக்கலான பிரச்சினையை ஏற்படுத்துகின்றது. ஒரு முழுக் கூட்டமாக

இருக்கும் விண்மீன்கள் ஒரே சமயத்தில் குளிர்வு படுத்தப் பட்டதாயும் ஆரம்பத்தில் ஒரே அமைப்பை உடையதாயும் வைப்போம். அப்பொழுது குளிர்வடையும் காலத்தில் H-R படத்தில் அவைகளின் இடங்கள் முக்கிய வரிசைக் கோட்டில் அமையும். ஒரு குறிப்பிட்ட விண்மீனின் இடம் அதன் பொருள் அளவைப் பொறுத்திருக்கும். அதிக பொருளை உடைய ஒரு விண்மீனின் இடம் முக்கிய வரிசையில் உயரமாகவும், ஒப்பிடத்தக்க வகையில் குறைந்த பொருளை உடைய ஒரு விண்மீனின் இடம் தாழ்வாகவும் இருக்கும். அப்பொழுது H-R படத்தில் விண்மீன் கூட்டத்தின் பரவல் கால நீடிப்பில் எவ்வாறு மாற்றமடையும் என்பது பிரச்சினையாகும். இப்பரவல் 100 மில்லியன் ஆண்டு



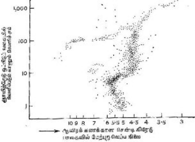
படம் 19. ஒரே வயதுடைய விண்மீன்களின் படிமுறை வளர்ச்சி

களுக்குப் பிறகு, 1000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு, 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு என்ன ஆகும்? தற்போது வான நூலில் முக்கிய ஆய்வதில் இந்தப் பிரச்சினையைத் தீர்க்கும் வகையில் இருக்கின்றது. ஆகையினால் ஞாயிற்றைத் தவிர இதர விண்மீன்களைப் பற்றி ஆராய்ச்சி செய்வது அவசியமாகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட கேள்வியை எடுத்துக் கொள்வோம். ஆரம்பத்தில் ஒரே மாதிரியான கட்டமைப்பையும், ஒரே வயதையுடையதாயும் உள்ள H-R படத்திலுள்ள விண்மீன் கூட்டங்

களின் பரவல் 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு எப்படி இருக்கும்? படம் 16-ல் பொதுவாக A இலிருந்து D வரையி லுள்ள பாதையில் மேற்சொன்ன விண்மீன்கள் அமையும் என் பதே இதற்கான விடையாகும்.

இந்தப் படத்தில் குறிக்கப்பட்டுள்ள புள்ளிகள் முக்கியமாகும். A, B, C, D என்ற புள்ளிகள் முக்கிய வரிசையில் a, b, c, d என்ற



படம் 17. உருண்டைக் கொத்து M_3-இல் உள்ள விண்மீன்கள் (ஸான்டேஜ்)

புள்ளிகளுக்கு இணையாகும். அதாவது A என்ற புள்ளியிலிருந்த விண்மீன்கள் 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு முதலில் a என்ற புள்ளியில் இருக்கும், இவ்வாறு B என்ற புள்ளியில் இருந்த விண்மீன்கள் b என்ற புள்ளியிலும், C என்ற புள்ளியி லிருந்த விண்மீன்கள் ஆரம்பத்தில் c யிலும், D என்ற புள்ளியி லிருந்த விண்மீன்கள் d என்ற புள்ளியிலும் இருக்கும். இதிலிருந்து 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு A இலிருந்து D வரை உள்ள பாதையிலிருக்கும். விண்மீன்கள் ஆரம்பத்தில் முக்கிய வரிசையில் a யிலிருந்து d வரை உள்ள ஒரு சிறிய பகுதியிலுள்ள தாகும். அப்பொழுது முக்கிய வரிசையில் இதர பகுதிகளிலிருந்த விண்மீன்கள் என்னவாகின்றன? முக்கிய வரிசையில் a என்ற புள்ளிக்குக் கீழே இருந்த விண்மீன்கள் இன்னும் இருக்கும்; 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குள் இவை போதிய அளவு வளர்ச்சி அடைந்திருக்காது. இது தான் ஞாயிற்றைப் பொறுத்த வரையில் உள்ள நிலை. ஞாயிறு இன்னும் a என்ற புள்ளியின் அருகில் தான்

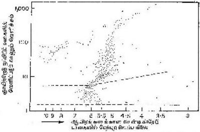
இருக்கின்றது. இது இன்னும் வளர்ச்சியடையப் போதிய காலம் ஆகவில்லை, இது அடுத்தபடியாக விரைவான வளர்ச்சியடையச் வேண்டிய விண்மீன்கள் கூட்டத்தைச் சேர்ந்தது.

ஞாயிறு ஒரு கரையாக உள்ள (**brink**) ஒரு நிலையில் இருக்கின்றது என்பது எப்படித் தெரியும்? ஞாயிற்றைவிடச் சற்று அதிகப் பொருண்மையை உடைய விண்மீன்கள் (இவை சற்று அதிக வயதுடைய விண்மீன்களாகவும் இருக்கலாம்), ஏற்கனவே இந்த மாறுதலுக்குட்பட்டு விட்டன என்பதால் G. ஹெர்க்குலீஸ் (**G-Herculis**) என்று அழைக்கப்படும் இரட்டை விண்மீன் தொகுதியின் உறுப்புகள் ஞாயிற்றை விடப் பத்துச் சதவீதம் அதிகப் பொருளை உடையதாகும். இருப்பினும் படம் 16-ல் B என்ற புள்ளி வரை வளர்ச்சி யடைந்திருக்கும். இது முக்கியமாக நன்கு ஆராயப்பட்ட ஓர் உதாரணமாகும். இதே போல் இன்னும் அநேக உதாரணங்கள், சற்றுக் குறைவான ஆதாரங்களை உடையனவாயினும், குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன.

ஞாயிற்றை விட்டு விலகி, முக்கிய வரிசையில் d என்ற புள்ளிக்கு மேல் உள்ள விண்மீன்களைப்பற்றி என்ன சொல்வது? 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு இவை எங்கிருக்கும்? படம் 16-ல் எந்த இடத்திலும் இருக்க முடியாது. அவை அவைகளுக்குரிய படி முறை வளர்ச்சிக் கோட்டின்படி வளர்ச்சி பெற்றிருக்க வேண்டும். இவைகளின் விதி, படம் 16-ல் படிமுறை வளர்ச்சியில் D என்ற புள்ளிக்குப் பிறகு இவை என்ன நிலையை அடையும் என்பது அடுத்த அத்தியாயத்தில் ஆராயப்படும். அப்பொழுது விண்மீன்கள் எப்படி இருக்கின்றன என்பதைக் காண்போம்.

இவையெல்லாம் நமக்கு எப்படித் தெரியும்? நிச்சயமாக ஆராய்ச்சியாலும் ஓரளவு ஊகத்தாலுமாகும். படம் 17-ல் ஒரு குறிப்பிட்ட கூட்டத்தைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் H-R படத்திலுள்ளபடி குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவை படம் 16-ல் உள்ள விண்மீன்களைப் போன்ற நிலையிலிருப்பவை. இதற்கான நுண்காட்சிகளை A. R. ஸான்டேஜ் என்பவர் ஒரு தனிப்பட்ட விண்மீன் கூட்டத்தை வைத்து நடத்தினர். இவை XVIII (பட்டியல் பெயர் M_3 என்பது) உள்ள உருண்டைக் கொத்துகளைச் சேர்ந்தவை. இவ்வாறான புள்ளிக் குறிப்புகள் இதர உருண்டைக் கொத்துகளை நுண்காட்சியால் ஆராய்ந்து H.C. ஆர்ப் (H.C. Arp) என்பவராலும் மற்றும் ஆர்ப், பாம், சான்டேஜ் (Arp, Baum and Sandage) என்பவர்களாலும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. M_{92} என்ற பட்டியல் பெயரை உடைய கொத்துகளுக்கான படம். படம் 18

ஆகும். உருண்டைக் கொத்துகள் கிட்டத்தட்டக் கோளவடிவி லிருக்கும் விண்மீன் கூட்டத்தைக் குறிக்கும் என்பது இவைகளின்



படம் 18. உருண்டைக் கொத்துக்கள் M_3 உள்ள விண்மீன்கள் (ஆர்ப், பாம் மற்றும் சான்டேஜ்)

பெயரிலிருந்து தெரிகின்றது. இந்தக் கொத்துகளில் சராசரியாகக் காணப்படும்—100,000 விண்மீன்கள் வரை—விண்மீன் திரட்டு இவை ஒரு தற்செயலான கூட்டமாகாது என்றும், இவை ஒரே மூலப்பொருளிலிருந்து உற்பத்தியானவை என்றும் உள்ள நம் கருத்திற்கு ஏற்றபடி அமைந்தவையாகும்.

9. நடுத்தர அமைப்பையுடைய விண்மீன்களின் வளர்ச்சி

(The Evolution of Stars of a Medium Content)

படங்கள் 17, 18 இவைகளில் கொடுக்கப்பட்ட ஆராய்ச்சித் தகவல்களிலிருந்து வான நூலில் ஒரு முக்கியத் திருப்பத்தைக் காணலாம். ஞாயிற்றின் முடிவு என்ன என்பதைத் தெளிவாகக் காட்டுவதோடு இந்த ஆராய்ச்சிகள் பல முக்கிமான (அடிப் படையான) பிரச்சினைகளைப் பற்றியும் நமக்குத் தெளிவைக் கொடுக்கின்றன. இந்த ஆராய்ச்சியின் முக்கியத்துவங்கள் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வால்டர் பாட் (Walter Baade) என்பவரால் அறியப்பட்டது. மேலும் இந்த உண்மைகளை 200 அங்குலம் ஹேல் தொலை நோக்கியின் (Hale telescope) ஆரம்ப விழாவின் போது அஃவர் சுட்டிக் காட்டி வலியுறுத்தினுர். 17, 18 ஆம் படங்களிலிருந்து கிடைக்கும் தகவல்களின் இன்னொரு முக்கிய பயனைக் காண்போம்.

பால் மண்டலத்தின் வயது (The age of the Milky way)

படங்கள் 17 உம், 18 உம் இந்த உருண்டைக் கொத்துக்களின் வயதை நிர்ணயிக்க உதவுகின்றன. இந்த உருண்டைக் கொத்துக்கள் மொத்த பால்மண்டலமும் உண்டான சமயத்திலேயே உண்டாக்கப்பட்டிருக்கலாம் என்பதற்குத் தகுந்த காரணங்கள் இருப்பதினுல் (அத்தியாயம் 17 ஐப் பார்க்கவும்) இந்தக் கணக்கீடு நாம் வாழும் விண்மீன் தொகுதிகளின் வயதைப்பற்றித் தெரிவிப்பதற்கு மிகவும் முக்கியமாகும். இது எவ்வாறு பயன்படுகிறது என்பதைத் தெரிந்து கொள்ள நாம் மறுபடியும் 16 ஆம் படத்தைக் காண்போம்.

இது வரையப்பட்ட சமயம் முக்கியத் தொகுதிகளின் படிமுறை வளர்ச்சிக் காலத்திலிருந்து 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் ஆகும். 17, 18 ஆம் படங்களில் உள்ள விண்மீன்கள் 16 ஆம்

படத்தில் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் வரிகோட்டில் பொருந்துகின்றனவா? அப்பொழுது இந்த உருண்டைக் கொத்துக்களின் வயது சுமாராக 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளாகும். அல்லது இந்த உருண்டைக் கொத்துக்கள் 16 ஆம் படத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வரிகோட்டிற்குக் கீழே இருக்கின்றனவா? அப்படியானால் இந்தக் கொத்துக்கள் 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு மேலான வயதுடையனவாகும். அல்லது, இந்த உருண்டைக் கொத்துக்கள் 16 ஆம் படத்தில் உள்ள வரிகோட்டிற்கு மேல் இருக்கின்றனவா? அப்படியானால் இவைகளின் வயது 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குக் குறைவாகவே இருக்கும்.

இந்த வயதின் உண்மையான நிலை 16 ஆம் படத்தில் கொடுக்கப்பட்ட வரிகோடு 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குரிய சிறந்த உண்மை நிலையைச் சரியானபடி காட்டுகின்றதா என்பதைப் பொறுத்திருக்கும். இது சரியா என்பது எப்படி நமக்குத் தெரியும்? ஓர் ஊகக் கோட்பாட்டின்படி. நாம் தற்போது விண்மீன்களின் வயதைக் கணக்கிடும் முறை முக்கியமான விண்மீன்களின் படிமுறை வளர்ச்சியை நாம் சிறிதும் தவறில்லாமல் கணக்கிட்டு அறிவதைப் பொறுத்திருக்கிறது. நம்முடைய தற்போதைய கணக்கீடுகள் நமக்குத் தேவையான அளவில் இன்னும் சரியானதாக இல்லாவிட்டாலும் 17, 18 ஆம் படங்களில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள விண்மீன்கள் 16 ஆம் படத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கான வரிகோட்டிற்குச் சமீபத்தில், இன்னும் சொல்ல வேண்டுமானால், இதற்குச் சற்றுக் கீழே அமையப் பெறலாம் என்பதற்குத்தக்க குறிப்புகள் இருக்கின்றன. இந்தப் பொருத்தம் எவ்வளவு சரியானதாகும் என்பதைப் பற்றி இன்னும் கருத்து ஒற்றுமை ஏற்படவில்லை. என்னுடைய கருத்தின்படி, 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் வயதிற்கான வரையப்பட்டிருக்கும் வரிகோடு உருண்டைக்கொத்து விண்மீன்களின் படிமுறை வளர்ச்சிக்கு மிகவும் பொருத்தமாக இருக்கும். தற்போது கொடுக்கப்படும் வயது சரியானபடி இருக்க வேண்டுமானால், இது 5 ஆயிரத்திலிருந்து 6 ஆயிரம் மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குள் இருக்க வேண்டும். புவியின் வயது 4,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் ஆகும் என்பதை நினைவு படுத்திக் கொள்ளவும். மொத்தப் பால்மண்டலத்தின் வயதை விடப் புவியின் வயது குறைவானதாகாது என்பது தெளிவாகத் தெரிகின்றது. அண்டத்தில் நம்முடைய வாழ்க்கை வரலாறு கால அளவில் மிகவும் மதிப்பிடத்தக்கதாகும். நம்முடைய புவி வயதை மிகவும் மதிப்பிற்குரியதாகும்.

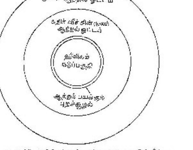
இந்த விவரமும் விண்மீன்களின் படிமுறை வளர்ச்சியைப் பற்றி ஏதாவது வகையில் நாம் தெரிந்து கொள்வதின் முக்கியத்துவத்

தைத் தெளிவுபடுத்துகின்றது. முன் அத்தியாயத்தில் ஞாயிற்றின் படிமுறை வளர்ச்சியும் — விண்மீன்களின் படிமுறை வளர்ச்சியும் — நடுத்தரமான விண்மீன்கள், படம் 15-ல் தொகுக்கப்பட்டுள்ள வழியாக இருக்கின்றன என்பதைக் குறிப்பிட்டோம். 17, 18 படங்களில் தொகுக்கப்பட்டுள்ள ஆராய்ச்சி உண்மைகளைக் கொண்டு இவ்வாறு முடிவு கண்டோம். ஆனால், ஹைட்ரஜன் ஹீலியமாக மாற்றப்பட்டு, இந்த ஹீலியம் உற்பத்தியான இடம் இனிய குன்றுகளிலும் வேறு சொல்லை வளர்ச்சி ஏற்படுகின்றது என்பது விந்தைக்குரியதாகும். இந்த அத்தியாயத்தின் முக்கியக் குறிக்கோள் இந்தக் கேள்வியைப் பற்றி ஆராய்ந்து, முன் அத்தியாயத்தின் கருத்து விவாதங்களுக்கு முடிவு கண்டு மேலும் தொடர்ந்து வரும் மாறுதல்களைப் பற்றி ஒரு தெளிவான முயலுவதே.

L இல் இருந்து M இற்கான படிமுறை வளர்ச்சி (படம் 15) The evolution from L to M (Fig 15)

உற்பத்தியின் முதல் கட்டத்தில் விண்மீனின் மத்தியில்தான் ஹீலியம் மிகவும் விரைவாக உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. இதற்குக் காரணம் வெப்ப நிலையும் அடர்த்தியும் இந்த இடத்தில் மிகவும் அதிகமாக இருப்பதே யாகும். வெப்ப நிலையும் அடர்த்தியும் எவ்வளவு அதிகமாக இருக்கின்றனவோ அவ்வளவு வேகமாக அணுக் கருக்களின் விளைவும் இருக்கும். மேலும் எப்படியும் சிக்கல்கள் ஏற்படும்; ஏனென்றால், சில நேரங்களில் ஏறக்குறைய நடுப் பகுதியிலுள்ள எல்லா ஹைட்ரஜனும் ஹீலியமாக மாற்றப்பட்டு விடுகின்றது. படம் 19-ல் காட்டியிருப்பதைப்போல், விண்மீன் கிட்டத்தட்ட ஹீலியம் மட்டுமே உள்ள ஒரு உள்ளகத்தை (core) ஏற்படுத்திக் கொள்கிறது. இப்படி நடந்தால் ஆற்றல் உள்ளகத் தில் உண்டாகாது. இருந்தாலும் விண்மீனின் ஆற்றல் கதிர்வீசலை நிலைநாட்ட ஆற்றலின் தொடர்ச்சியாக இருக்கவேண்டும். இது எப்படி நடக்கும்? இந்தக் கேள்விக்கு விடையைக் கேமொ (Gamow) என்பவரும் கிரிட்ச்ஃபீல்டு (Critchfield) என்பவரும் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்பே அளித்து விட்டார்கள். இந்த ஆற்றல் ஹீலியம் உள்ளகத்தைச் சுற்றியிருக்கும் ஒரு தோலில் தான் உற்பத்தியாக வேண்டும். இதைப் படம் 19-ல் காணலாம். தேவையான அளவு ஆற்றலை உற்பத்தியாக்குவதற்காக விண்மீனின் உட்புறம் சுருங்குகிறது. இதனால் தோலின் வெப்ப நிலை அதிகரிக்கப்படுகிறது. இந்த அதிகரிப்புத் தேவையான அளவு ஆற்றல் உற்பத்தியாகும் வரை இருக்கும்.

விண்மீனின் உட்புறம் சுருங்கினாலும் (முதலில்) விண்மீனின் மொத்த ஒளிர்வில் இது குறைந்து விடாது. இது முறை நின்றது என்பதைக் கணக்கிட்டுத்தான் பார்க்க வேண்டும். நகரக்கிட்டுள்ளபடி விண்மீனின் மொத்த அளவைவிட்டப் குறைவ



படம் 18. ஹீலியம் உள்ளகத்தையுடைய விண்மீன்
(அளவாக வரையப்படவில்லை.)

தில்லை; 15 ஆம் படத்தில் L க்கும் M க்கும் இடையில் இது மாறாமல் இருக்கின்றது; M க்குப் பிறகு N ஐ நோக்கிச் செல்லச் செல்ல ஏராளமாக அதிகரிக்கின்றது.

அடுத்தாற்போல் ஆற்றலின் வெளிப்பெருக்கு விண்மீனின் உருவாக்கத்தில் எப்பொழுது தாக்கப்பட்டு வருகின்றது என்பதை ஆராய வேண்டும். உள்ளகத்திற்கு வெளியே ஆற்றலின் பெருக்கு முதலில் இருந்தபடியே தான் இருக்கும் முதலாவதாகக் கதிரியக்கத்தினால் மட்டும் ஆற்றல் வெளிப்படும் பகுதி ஒன்று இருக்கின்றது. இதற்குப் பிறகு முக்கியமான ஆற்றல் பெருக்கானது நகர் முறைப் படர்தலால் (convection) எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. விண்மீன் மேற்பரப்பிலிருந்து தொடர்ச்சியான ஒளிக்கோளத்தின் வெளிக்கோடியாக உள்ள அடுக்குகள் வரை சென்று இங்கு மறுபடியும் கதிரியக்கத்தினால் ஆற்றலின் பெருக்கம் ஏற்படுகிறது. இறுதியில் ஆற்றல் கதிர்களாக விண்வெளியில் தப்பிச் செல்லுகிறது.

இன்னும் ஒரு சிக்கலான பிரச்சினை தீர்க்கப்பட வேண்டி யிருக்கிறது. ஹீலியம் உள்ளகத்திலுள்ள ஆற்றல் பெருக்கம் என்னவாகிறது? அந்த ஆற்றல் பெருக்கம் முழுவதும் திருத்தப்பட்டிருக்க வேண்டும், அல்லது உள்ளகம் சுருங்கிக் கொண்டே போவதால் வெளிச் செல்லும் ஆற்றல் பெருக்கை உற்பத்தி செய்ய வேண்டும். நம் பிரச்சினை இப் பொழுது இவற்றில் எந்த முறையை எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும் என்பதை நிர்ணயிப்பதே.

சமீபத்தில் செய்யப்பட்ட கணக்கீடுகள்படி சில காலம் சுருங்கிய பிறகு ஆற்றல் பெருக்கம் நின்று விடுகிறது என்ப தாகும். இதற்குக் காரணம் அழுத்தச் சம நிலையைப் பொறுத்த தாகும்.

விண்மீனின் உட்புறத்தில் அழுத்தச் சமநிலையைத் தொடர்ந்து காக்கப்பட வேண்டியது மிகவும் தேவையாகும் என்பதை நினைவுப் படுத்திக் கொள்ள வேண்டும். ஞாயிற்றைப் பொறுத்தவரையில் இந்தச் சமநிலையைக் காக்கத் தவறினால் மிகவும் நாசமான விளைவு உடனே—சில நிமிடங்களுக்குள்—ஏற்படலாம் என்பதைப் பார்த்தோம். அழுத்தச் சமநிலையைக் காக்க வேண்டிய காரணத் தைக் கொண்டு ஞாயிற்றின் உட்புறம் நன் றூடாக இருக்கின்றது என்பதைத் தெளிவாக்கினோம். நம்முடைய முன்னைய இந்த நிலைக்குப் பொருத்தியது. ஞாயிற்றின் உட்புற அடர்த்தி அதிக மாக இல்லாததினால் தான் என்று சொல்ல வேண்டியது இப் பொழுது அவசியமாகும். இது விந்தையாக இருந்தாலும் முக்கிய மான ஒரு கருத்தாகும். நீரைப்போல் சுமாராக 1,000 மடங்கு கூடுதலான அடர்த்தியையுடைய எல்லா விண்மீன்களுக்கும் முன்பு கொடுக்கப்பட்ட வாதங்கள் அனைத்தும் பொருந்தும். ஆனால் அடர்த்தியின் அளவு இதற்குமேல் இருந்தால்—அதாவது ஒரு பைண்ட் (Pint) அளவுடைய தூள் அரை டன்னுக்குமேல் பொருளை உடையதாகில் அப்பொழுது ஒரு புதுவகையான அழுத்தம் தாழ்வுபட்ட அழுத்தம் (degeneracy pressure) என்று சொல்லப்படும் அழுத்தம், ஏற்படுகிறது. இது இரண்டு பொருள் களை ஒன்றாகத் தாக்கினால் ஏற்படும் ஒரு நிலை. எவ்வளவுக் கெவ்வளவு பொருளை நசுக்குகின்றோமோ அவ்வளவுக் கவ்வளவு இம் மாதிரியான அழுத்தம் அதிகரிக்கும். தாழ்வுபட்ட அழுத்தம் தான் நசுக்குவதைப் பொறுத்திருக்கிறது. இது ஞாயிற்றின் உட் புறத்தில் அதிக வெப்பத்தின் காரணமாக ஏற்படும் சாதாரண அழுத்தத்தைப்போல் அல்ல.

இது நம்முடைய ஹீலியம் உள்ளகங்களுக்குச் சம்பந்தப்பட்டதாலும், ஒரு முக்கியமான கட்டுப்பாடு இருந்தால் அப்பொழுது ஒரு சரியான வகையிற்படி கருக்கட் சிக்கிரம் நின்று விடும் என்பதைக் காண்பிக்கலாம். ஏனென்றால் இங்குப் பெருகு கிற கருக்கள் உட்பகுதிகளின் அழுத்தத்தை மிகவும் அதிகமாக்கிவிடு! உட்பொருள்களை அதிகமாக நசுக்கிறுதல் தாழ்வுப்பட்ட அழுத்தம் மேல் உள்ள அடுக்குகளின் எடையைத் தாங்குவதற்குத் தேவையான அளவை விட அதிகமாகின்றது. இக்குறுத் கேவலமான கட்டுப்பாடுகள் வான நூலிலேயே மிகவும் விசித்திரமானவையாகும். இது மிகவும் விசித்திரமாக இருந்ததால் எடிங்டன் (Eddington) என்ற மிகச் சிறந்த வான நூல் அறிஞர் அதைச் சொல்ல மறுத்து விட்டார். ஹீலியம் உள்ளகத்தின் பொருண்மை சூரியனின் பொருண்மையை விட 1·44 மடங்கிற்கு மேல் இருக்கக் கூடாது. இந்த அத்தியாயத்தின் துவக்கத்தில் குள்ள விண்மீன்களைப் பற்றிக் குறிப்பிடப்பட்டது. இந்த வகை விண்மீன்கள் கருத்துக்கு படிமுறை வளர்ச்சியை அடையக் கூடிய பொருண்மையுடன் எல்லாமும் — சூரியனை விட 1·1 மடங்கிற்கு மேல் அளவு உடையவையே. ஆனால் இந்தக் கட்டுப்பாட்டிற்குத் தடை எதுவும் இல்லாமல் இருப்பவை. இந்த அத்தியாயம் முழுவதிலும் சூரியனைப் போல் 1·1 முதல் 1·4 மடங்கு உள்ள விண்மீன்களைத்தான் நாம் ஆராய்வோம்.

இதற்கு மேல் பொருண்மைகளையுடைய விண்மீன்களைப் பற்றி இப்பொழுது ஆராயா விட்டாலும் — இவற்றைப் பற்றி அத்தியாயம் 12 ல் ஆராய்வோம் — உள்ளகம் 1·44 என்ற கட்டுப் பாட்டை மீறுதல் என்ன நடக்கும் என்பது விந்தையாக இருக்கும். அப்பொழுது (முதலில் ஈ. ஸ்டோனர் — E stoner என்பவராலும், பிறகு விரிவாக எஸ் சந்திரசேகர் என்பவராலும் காண்பிக்கப்பட்டது போல்) மேற்புற அடுக்குகளின் எடையைத் தாங்குவதற்கு வேண்டிய தாழ்வுப்பட்ட அழுத்தம் ஏற்படுவதற்குத் தகுந்த நெருக்கம் இராது.

இதைப் பற்றி ஏதாவது கருத்து வேற்றுமை இருக்குமாயின் விண்மீன்களின் இறப்பே 1·44 என்ற கட்டுப் பாட்டைப் பொறுத்துத்தான் இருக்கின்றது என்பதைக் கூறவேண்டும் — இதைப் பொதுவாகச் சந்திரசேகரின் எல்லை (Chandrasekar's limit) என்று குறிப்பிடுவார்கள். ஒரு விண்மீன் அதன் நடைமுறை அமைதியாகக் கழித்து விடுகின்றதா? அதாவது, இந்த அத்தியாயத்தில் உள்ள விண்மீன்களைப் போல், அல்லது வெடித்து இது அடைத்திலேயே மிகவும் கொடூரமான வெடிப்பாக ஏற்பட்டு அதன் தாழ்வை

முடிந்துக் கொள்கின்றதோ என்பது சந்திரசேகரின் எல்லையைப் பொறுத்திருக்கிறது.

இந்த வாதங்களிலிருந்து புலப்படுவது என்ன வென்றால், ஒரு நடுத்தரமான விண்மீனின் முதல் சுருக்கம் ஹீலியம் உள்ளகத்தில் ஏற்பட்டாலும் இது முடிவு இல்லாமல் இருக்க முடியாது. ஏன் என்றால், எப்பொழுதாவது தாழ்வுபட்ட அழுத்தம் போதிய அளவு அதிகரித்துச் சுருக்கத்தை நிறுத்தி விடும். இந்த நிலையில் உள்ளகத்தின் ஆற்றல் பெருக்கம் நின்றுவிடும். ஏனென்றால், ஆற்ற லிற்கு இப்பொழுது ஒரு வித உற்பத்தி இடமும் இல்லாமல் போய் விடும் — சுருக்கத்தினால் வெளிப்படும் ஈர்ப்பு ஆற்றலும் ஹைட்ரஜனை ஹீலியமாய் மாற்றுவதினால் ஏற்படும் ஆற்றலும், ஆகிய இவ்விரண்டும் நின்று விடும் இப்படியானால் வெப்பநிலை உள்ளகம் முழுவதும் ஒரே மாதிரியாகத்தான் இருக்கவேண்டும். ஏனென்றால், ஆற்றல் அதிக வெப்ப நிலையுடைய ஒரு பொருளி லிருந்து இதை விடக் குறைந்த வெப்பநிலையுள்ள ஒரு பொரு ளிற்குச் செல்லும். ஆகையினால் ஆற்றல் பெருகி இருந்து கொண்டே இருக்கும். இதனால் விண்மீன் தாழ்வுபட்ட நிலையான ஒரு வெப்பநிலையை உடைய உள்ளகத்தைக் கொண்ட அமைப் பாகும். (Isothermal)

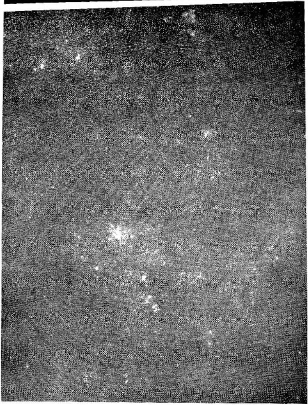
உள்ளகத்திற்கு வெளியே ஆற்றலை உற்பத்தி செய்யும் தோல் இருக்கிறது. இதற்கு வெளிப்புறம் கதிரியக்க ஆற்றல் பெருக்க முள்ள ஒரு பகுதி. இதற்கும் அடுத்தாற் போல் கொதித்துக் கொண்டிருக்கும் நகர் முறைக் கடத்தல் நிலையிலுள்ள ஒரு பகுதி. கடைசியாக ஒளிக்கோளத்தில் கதிரியக்கப் பகுதியும் இருக்கும். இந்த அமைப்பு படம் 15-ல் உள்ள M என்ற புள்ளியை அடையும் நேரத்தில் ஏற்பட்டு விடும். இந்த நிலையில் விண்மீனின் உள்ளகத் தின் வெப்பநிலை 15 லிருந்து 20 மில்லியன் டிகிரிக்குள் இருக்கும். இது விண்மீனின் சரியான பொருண்மையைப் பொறுத்ததாகும். இந்த மாதிரி அமைப்பைக் கேமொள என்பவரும் கெல்லர் என்ப வரும் (Gamow and Keller) 1945 ஆம் ஆண்டு அறிவித்தார்கள். அந்தச் சமயத்தில் வான நூல் அறிஞர்களிடமிருந்து இந்த அமைப் பிற்குப் பொதுவாக ஒரு ஆதரவும் கிடைக்கவில்லை. ஆனால், நாள் பட இதற்கு ஆதரவான கருத்துக்கள் தெரிவிக்கப்பட்டுள்ளன. படிமுறைவளர்ச்சியில் படம் 15 லுள்ளபடி L-ல் இருந்து M க்குச் செல்லும் பொழுது உண்டாகும் அமைப்பு மாறுதல்களைப் பற்றிய மாற்றுக் கருத்துக்கள் இப்பொழுது பொருத்தமற்றவைகளாகக் காணப்படுகின்றன.

M-ல் இருந்து O வரையான படிமுறை வளர்ச்சி (படம் 15) Evolution from M to O (Fig 15)

M-ல் இருந்து N-வரை ஆன (படம் 15-ல்) படிமுறை வளர்ச்சி நேர்கோடாக இருக்கின்றது. விண்மீனின் உள்ளகத்தைச் சுற்றியுள்ள கோளத்தில் ஹைட்ரஜன் ஹீலியமாக மாற்றப்படுகின்றது. இதன் விளைவாக உள்ளகத்தில் மேலும் மேலும் ஹீலியம் சேர்க்கப்படுகின்றது. இது ஒரு வெங்காயத்தின் தோலைத் தனித்தனியாக உரிப்பது போன்று ஆகும். அதாவது அடுக்கடுக்கான தோல்களைப் பிரித்தெடுப்பதில் இவைகளைச் சேர்ப்பது போல ஆகும். உள்ளகத்தில் வளர்ச்சியைத் தொடர்ந்து நகர்முறைக் கடத்தும் பகுதி மேலும் மேலும் ஆழமாக அமைகிறது. படம் 15-ல் உள்ள O என்ற புள்ளியை அடையும்பொழுது நகர்முறைக் கடத்தும் பகுதி கிட்டத்தட்ட ஆற்றலை உற்பத்தி செய்யும் தோல்வரை செல்லும்.

படம் 15-ல் N-ல் இருந்து O வரையுள்ள படிமுறை வளர்ச்சிப் பாதை, அமைப்பில் உள்ளகத்தின் வெப்பநிலை பொதுவாக அதிகரிக்கப்பட்ட ஒரு பகுதியைக் குறிக்கும்; ஆற்றல் உற்பத்தி செய்யும் தோலிலும் அதிக வெப்பநிலையுடைய ஒரு பகுதியைக் காட்டும். இந்த அதிகரிப்பு மேற்சொன்ன வெங்காய முறையிலேயே ஆகும். O என்ற புள்ளியை அடையும்பொழுது மையத்தில் உள்ள வெப்பநிலை அதிகரித்து—ஏறத்தாழ 100 மில்லியன் டிகிரிகள்—உள்ளகத்தில் ஒருவிதக் கவர்ச்சியான மாறுதல் ஏற்படுகிறது. இது ஒரு புதிய ஆற்றல் உற்பத்தி விளைவிலேயே ஆகும். முதலில் இருந்தே எல்லா ஹைட்ரஜனும் ஹீலியமாக மாற்றப்பட்டு விட்டதுடன் எப்படி மற்றுமொரு ஆற்றல் உற்பத்தியும் ஏற்படலாம் என்பது வியப்பாக இருக்கும். இதற்கு விடை இந்தப் புதியமுறை ஹீலியத்தை ஒரு எரிபொருளாகக் கொள்வதே ஆகும். இதை முதன் முதலில் E. சால்பீட்டர் (E. Salpeter) என்பவர் கண்டுபிடித்தார். உள்ளகத்தில் ஏற்படும் அதிக வெப்பநிலையில் ஹீலியம் கார்பனாகவும் ஆக்ஸிஜனாகவும் நியானாகவும் அணுவியல் வினைகளால் (nuclear reactions) மாற்றப்படுகிறது. இப்படி ஆற்றல் வெளியிடுகிறது (இதன் விவரத்தை இப்பொழுதே காண்போம்).

இந்தப் புதிய நிலையின் நுழைவைச் சிறப்புக் கூறு ஹீலிய எரிப்பு (helium—burning) மட்டும் அல்ல; உள்ளகத்திலும் ஒரு வெடிப்பு ஏற்படுகிறது. இந்த நிலையில் உள்ளகம் சில நிமிடங்களுக்குள் இடையே விரிவடைந்து சுருங்குகிறது! இந்த விரிவு தாழ்வுப்பட்டு அழுத்தம் மறையும் வரை ஏற்படுகிறது. அப்பொழுது விண்மீன் மறுமுறை ஒரு சாதாரண அமைப்பை அடைந்து விடுகிறது (மறுபடியும்) இவ்வாறு 'வெடிப்போடு எழுப்புதல்' (popping) என்று



Harvard

XXII. பெரிய மெகலன் புகை மண்டலம்

புகழ் பெற்ற இரு மெகலன் முகில்களில் இதுவே அதிக ஒளியுள்ளதாகும். இது அண்டப் பகுதியின் வெளிப்புறத்திலிருந்து சுமார் 50,000 பார்செக்ஸ் தொலைவில் உள்ளது. இந்த அண்டம் நீல வண்ண மீன்களாலும், பெரு மீன்களாலும், ஒளி முகில் வாயுவினாலும் ஆக்கப்பட்டது. இவ் வெளித் திட்டிற்கு டாரென்டிலூலா நெபுலா என்று பெயர். இந்த நெபுலா ஓரியான் நெபுலாவிற்கு அருகில் இருக்குமானால் இதனின் ஒளி முழு நிலவின் ஒளியைப் போலிருக்கும்.

Harvard

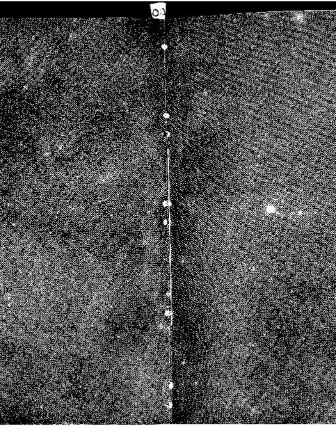
XXIII. சிறிய மெகலன் புகை மண்டலம்

இப் புகைமண்டலத்தில் வானவெளி ஆராய்ச்சியாளர்கள் வியக்கும் வகையில் அதிக அளவு ஹைடிரஜன் வாயு நிறைந்திருப்பதாக அண்மையில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. ஆனால், இதில் பெருமீன்களும் துகள்களும் இல்லை. இவ்விரண்டு மெகலன் புகை மண்டலங்களும் மூன்றுக்கொன்று விண்மீன் தொகையில் வேறுபட்டிருப்பதற்குரிய காரணம் இதுவரை புலனாகவில்லை.

Mt. Wilson and Palomar Observatories

XXIV. 'உர்சா மேஜரில்' M 81 எனும் அண்டம்

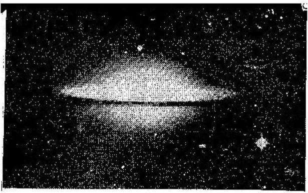
இரண்டே கால் மில்லியன் மைல் தொலைவிலுள்ள இவ்வண்டம் வானிலுள்ள சுருள் வடிவமான அண்டங்களிலேயே மிக அழகானதாகும். M 81 அண்டம் பிற அண்டங்களுக்கு வெளியே அமைந்து பேரண்டத்தின் விரிவில் பங்கு எடுத்துக்கொள்கிறது.



XXV. பால் மண்டலத்தின் ஒரு பகுதி

விண்மீன்களைக் கொண்டது என்பதற்கு மேலே
படத்திலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் ஒவ்வொரு
...த்தான விண்மீன்களின் தொகுதிக்கு உதாரணமாகும்

திகழ்கிறது. இவ் விண்மீன்களில் அருகிலுள்ள ...
ரும் கொண்டவை, ஆனால், இது புலன் காட்சிக்...
இவை ஒளிப் புள்ளிகளாகவே கருதப்பட வேண்டும்.



Mt. Wilson and Palomar Observatories

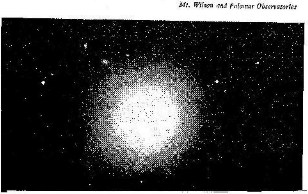
XXVI. NGC 4594 என்ற அண்டம் 'சோம்ப்ரேரோ தொப்பி'

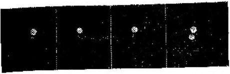
இந்த அண்டம் நூற்றுக்கணக்கான அண்டக் கொத்துகளைக் கொண்டதாகும். இவற்றை வட்ட வடிவ விண்மீனின் வடிவத்திலுள்ள விளிம்புக் கோட்டின் மேல்பகுதி மூலம் பாகுபடுத்திக் காணலாம். மற்றவை பால் மண்டலத்தில் உள்ள பிற விண்மீன்களாகும். இவ்வுருண்டைக் கொத்துகள் ஒவ்வொன்றும் 100,000 தனித்தனி விண்மீன்களைக் கொண்டது. ஆகும், NGC 4594 அண்டமோ 100,000,000,000-க்கும் அதிகமான விண்மீன்களை உடையதாகலாம். இவ்வண்டத்தின் தூரம் கிட்டத்தட்ட 10 மில்லியன் பார்செக்ஸ் ஆகும். 'சோம்ப்ரேரோ'வைச் சேர்ந்த தெளிவில்லாத பெருந் தூசு மூகில்களே கரும்பட்டை ஆகும்.

XXVII. M 87 எனும் உருண்டை அண்டம்

இவ்வண்டம் மூன்று தனித்தன்மை உடையது. ஓராயிரம் உருண்டைக் கொத்துகளை உடையது. நடுவே ஒரு வகை நீள வடிவம் கொண்டது (படத்தில் தெரியவில்லை). வான் கதிர் அலைகளைக் கடத்த வல்ல சக்தி உடையது.

Mt. Wilson and Palomar Observatories

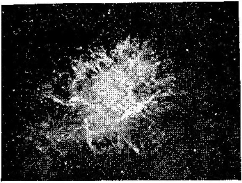




Sproul Observatory

XXVIII. விண்மீன் கிருகர் 60 B-ன் ஒளிச் சுடர்

மேலே உள்ளவை கிருகர் 60 A, B மீன்களின் நான்கு தோற்ற ஒளிப் படங்கள் (C-காட்டப்படவில்லை) ஆகும். இப்படங்கள் ஒவ்வொன்றும் சுமார் இரண்டே கால் நிமிடங்கள் இடைவெளியில் எடுக்கப்பட்டது. இவற்றில் கிருகர் 60 B-ன் ஒளி மாற்றத்தைக் கவனிக்க. ஞாயிற்றிலும் இத்தகைய ஒளி மாற்றம் உண்டாகிறது.



Mt. Wilson and Palomar Observatories

XXIX. நண்டு நெபுலா

1,000,000,000,000,000,000,000,000 ஹைட்ரஜன் குண்டுகள் வெடித்தால் எவ்வளவு வன்மையாக இருக்குமோ அவ்வளவு வன்மை உடைய ஒரு பேரண்ட வெடிப்பின் எஞ்சியுள்ள பகுதியே மேலுள்ள நெபுலா. இந்த முகில் ஏறக்குறைய [illegible] மில்லியன் மைல்கள் விட்டத்தை உடையது.

Mt. Wilson and Palomor Observatories

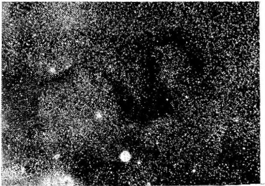
XXX. சிக்னசில் கொக்கி போல் உள்ள நெபுலா

இந்த ஒளி வாயிலுள்ள மென் வரிசையைக் கவனிக்கவும். இது நூறு மில்லியன் மில்லியன் மைல்கள் நீளமுடையது.

XXXI. 'ஆமோயின் தும்பிக்கை'

படத்திலுள்ள துதிக்கை வடிவம் குளிர்ந்த ஒளி புகா முகில்களால் ஆக்கப்பட்டது. இதற்கு அதைச் சுற்றியுள்ள ஒளிபுகும் வெப்ப மிக்க வாயுவின் தாக்குதலே காரணமாய் இருக்கலாம் என்று கருதப்படுகிறது.

Mt. Wilson and Palomar Observatories



நிலை உள்ளகத்தில் ஏற்படுவது விண்மீனைச் சிதறடிக்கக்கூடிய அளவு; அத்தியாயம் 12-ல் கொடுக்கப்படும் வெடிப்புகள் மாறிச் சோதிய அளவு வலிமையானதாக இருக்காது. இந்த உள்ளகத்தின் வெடிப்பு நிலை படிமுறை வளர்ச்சியில் ஒரு முக்கியத்துவமுள்ள ஒரு திருப்பமாகும். இதுதான் O வில் ஏற்படும் சுற்றும் வழித்தடம் (turn round) என்ற ஒரு விசித்திரமான அமைப்பாகும். இது விண்மீன்களை O வில் இருந்து P வரை உள்ள படிமுறை வளர்ச்சியிற்கு ஆரம்பகட்டமாக அமைகின்றது. O வில் இருந்து P க்குச் செல்லும் விண்மீன்கள் அவைகளின் ஆற்றல் தேவைகளை இரண்டு விதத்தில் பெறுகின்றன. ஒன்று உள்ளகத்திலுள்ள ஹீலியத்தின் எரிப்பிலிருந்தும், மற்றொன்று உள்ளகத்தைச் சுற்றியுள்ள அடுக்கில் உள்ள ஹைட்ரஜனின் எரிப்பிலிருந்தும் ஆகும்.

ஹீலியம் எரிப்பு விளைவுகளும் உள்ளகத்தின் வெடிப்பு ஏற்படுதலும் (The helium—burning reactions and the popping of the core)

படம் 15-ல் O என்ற புள்ளிக்கு அப்பால் உள்ள படிமுறை வளர்ச்சிப் பாதையைப் பற்றி ஆராய்வதற்கு முன், இந்தக் கருத்துக்களை இன்னும் சற்று கவனிப்போம். ஹீலியத்திலிருந்து ஆற்றலைக் கொடுக்கும் விளைவுகள் பின்வரும் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

விளைவு Reaction	அடையாளங்களின் பொருள் Meaning of Symbols
$He^4(2He^4,\gamma)C^{12}$	சாதாரண ஹீலியம் He^4 (2 புரோட்டான்களும், 2 நியூட்ரான்களும் கொண்டது) இதன் அணுக்கருக்களுடன் இரண்டு இதர ஹீலியம் அணுக்கருக்கள் C^{12} (6 புரோட்டான்களும் 6 நியூட்ரான்களும்) கொடுக்கின்றது. இதில் γ-கதிர் வெளிப்படுகிறது.
$C^{12}(He^4,\gamma)O^{16}$	அடையாளங்களின் பொருள் C^{12}ம் He^4ம் சேர்ந்து O^{16} ஆகிறது ஒரு γ-கதிர் வெளிப்படுகிறது.
$O^{16}(He^4,\gamma)Ne^{20}$	O^{16}உம் He^4ம் சேர்ந்து Ne^{20} (10 புரோட்டான்களும் 10 நியூட்ரான்களும்) என்ற நியானின் ஐசோடோப் வெளிப்படுகின்றது.

படம் 15-ல் O என்ற புள்ளிக்கருகே ஹீலியம் எரிப்பு ஆரம்பித்தவுடன் உள்ளகத்தின் நடுப்பகுதிகளிலுள்ள பொருள் சீர்

ருங்கிவிடும். இதனால் ஒருவித வெடிப்பு ஏற்படும். இதை இப் பொழுது விவரிப்போம்.

ஞாயிற்றை மறுபடியும் பார்த்தால் இதன் உட்புறம் ஏன் ஓர் ஆற்றல் சமநிலையில் இருக்கவேண்டும் என்பதற்கு ஒரு நல்ல காரணம் இருப்பது தெரிகிறது. மேற்புறத்தை நோக்கி வெளிப்படும் பாய்ச் சலைச் சமநிலைப்படுத்தப் போதிய ஆற்றல் உற்பத்தி ஆகாமற் போய் விட்டால் ஞாயிறு மெதுவாகச் சுருங்கி உட்புற வெப்பநிலை மேலு மாக அதிகரிக்கும். இந்த வெப்பநிலை அதிகரிப்பு ஆற்றல் உற் பத்தியை அதிகமாக்கி ஆற்றல் சமநிலையை ஏற்படுத்தும். இதற்கு நேர்மாறாக மேல் புறத்திற்குப் பாயும் ஆற்றலைவிட முதல் நிலையில் ஞாயிற்றில் அதிக ஆற்றல் உற்பத்தி செய்தால் அப்பொழுது மெதுவாக விரிவடைந்து உட்புற வெப்பத்தில் இத்தகச் சமமாற்றம் குறையும். வெப்பநிலைக் குறைவு ஆற்றல் உற்பத்தி அளவைக் குறைத்து, ஒரு சமநிலையை ஏற்படுத்தும்.

தன்னைத்தானே அமைத்துக்கொள்ளும் பண்பு முக்கியமாக ஞாயிற்றின் உட்புறத்தில் உள்ள பொருள் ஒரு சாதாரண வாயு மாதிரி அமைப்பாக இருப்பதைப் பொறுத்து இருக்கும். இது 'சீர் கெடாத' பொருளாக இருக்கவேண்டும், ஏனென்றால் L. மெஸ்டல் (L. Mestel) என்பவர் சமீபத்தில் சீர்கெட்ட பொருள்களில் தன்னை அமைத்துக்கொள்ளும் பண்பு இருக்காது என்று காண்பித்திருக் கிறார். உண்மையாக இதற்கு மாறான நிலையே ஏற்படுகிறது. மெஸ்டலின் ஒரு சீர்கெட்ட பொருள் முதல் நிலையில் சமநிலையைச் சிறிதும் இழந்தால் அது போகப் போக அதிகமாகச் சமநிலையை இழந்துவிடும். முதலின் ஆற்றல் உற்பத்தி வெளிப்புறப் பாய்ச்சலை விடக் குறைவாக இருந்தால் அதற்கான பொருள் அதன் வெப்ப நிலையை அதிகரிப்பதில்லை. இதற்குப் பதில் அது சுருங்கி ஆற்றல் உற்பத்தியையும் குறைந்து விடுகிறது. ஆகையினால் சமநிலை அதிக மாகத் தவறிவிடுகிறது. இதற்கு மாறாக ஆற்றல் உற்பத்தி முதல் முதலில் வெளிப்புறப் பாய்ச்சலைவிட அதிகமானால் பொருள் அதன் வெப்ப நிலையைக் குறைப்பதற்குப் பதில் அதிகமாக வெப்பமடை கிறது. இந்த வெப்ப அதிகரிப்பினால் ஆற்றல் உற்பத்தி அதிகரித்து மறுபடியும் அதிக அளவில் சமநிலையைக் கெடுத்து விடுகிறது.

எதிர் மாற்ற-கொள்கை முறைப்படி உருவாகும் ஒரு விண் மீனின் ஊதியம் உள்ளகம் வெப்பமடைவதால் எரிவெப்ப இந்த முறையிலும் ஏற்படும், மேல் கொடுக்கப்பட்ட அட்டவணையி லுள்ள அணுக்கரு எரிப்பு வினைகளினால் ஆற்றல் உற்பத்தி வெளிப் புறப் பாய்ச்சலைவிட அதிகமாக்கப்படுகிறது. இந்த வெளிப்

பாய்ச்சல் உள்ளகத்திலிருந்து ஏற்படுகிறது. பொருள் மிகுந்திருந்து இருப்பதினால் நான் பகுதியில் கொடுக்கப்பட்ட நிலைமையோ ஓர் அமைப்பு ஏற்படுகின்றது. இப்பொழுது என்ன ஆகிறது? பொருள் மேலும் மேலும் கூடாக்கப்பட்டு இந்த நேரத்தில் ஹீலியம் எரிப்பு வினை இன்னும் அதிகரிக்கின்றது. ஆனால், வெப்பமூட்டுவதற்கும் ஓர் எல்லையுண்டு. ஏனென்றால் போதிய வேகச் சராசரியாகக் குறைந்த வெப்பநிலை வாயுவைத் தீவிரிக்கும் அழுத்தம் தாழ்வுபட்ட அழுத்தத்தை மிஞ்சிவிடுகின்றது. இவ்வாறு நடக்கும்பொழுது உள்ளகம் விரிவடைந்து தானே குளிர்வடைந்து விடுகிறது. இவ்வாறு ஹீலியம் எரிப்பு வினையினைக் கட்டுப்படுத்தி விடுகிறது. அணைக்கீட்டின்படி ஒரு விண்மீனின் வாழ்க்கையில் இது படாததுமான ஒரு நிகழ்ச்சியாகும்.

கட்டுப்படுத்தப்படுவதற்கு முன்பு ஹீலியம் எரிப்பு வினையினால் ஏற்படும் ஆற்றல் வெளிப்பாடு. ஒரு விண்மீனுக்கு கிட்டத்தட்ட தேவைக்குறைவாகும். அநேக விதங்களில் இந்த நிலை புவியில் எதிர்ப்படும் அணுக்குண்டு மாதிரியாகும். பொருள் விரிவடைவதற்கு ஏற்புவாறு கூடாக்கப்பட்ட பின் வெடிநிலைக்கு உயர்ந்த ஆற்றலை ஏற்பட்டு விடுகிறது. ஆனால், உள்ளகம் ஞாயிற்றின் மற்றப் பகுதிகளுள் இருப்பதினால் அதன் வெடிப்பு ஒரு பெரிய ஹீலியம் குண்டு போல், விண்மீனின் வெளிப்புறங்களின் ஒரு வினையினால் கெடுக் குறியில் கவிழ்த்து இட்டு திரும்புதல் போன்று ஒரு நிலையை உண்டாக்கிவிடும். இதனால் உள்ளகம் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. உள்ளகம் ஒரு வெடிநிலைமட்டும் அடைந்து இந்த வெடி நிலையினால் படம் 15-ல் O புள்ளியிலிருந்து P வரையில் விண்மீன் அமைப்புப்படி முறை வளர்ச்சியில் ஒரு பின்மாற்றம் அடைகிறது.

R. R. லைரீ விண்மீன்கள் (The R. R. Lyrae Stars)

படம் 15-ஐப் படம் 17 உடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் அப்பொழுது P என்ற புள்ளி படம் 17-ல் ஒரு புதிய இடைவெளியில் இருப்பது தெரிகின்றது. இந்த இடைவெளி விண்மீன்கள் இல்லாத ஒரு பகுதி அல்ல. M_3 என்ற கொத்தைச் சேர்ந்த அநேக விண்மீன்கள் இந்த இடை வெளிகளில்தான் இருக்கின்றன. ஆனால், இந்தப் பகுதி தனிச் சிறப்புடையது. முன் அத்தியாயத்தில் ஞாயிற்றின் உட்புறத்தில் உள்ள அதிகமான வெப்பநிலை திடீரென்று ஒரு பாகத்தினால் தாக்கப்பட்டு விட்டால் என்ன நேரிடும் என்பதை விளக்கினோம். இந்த நிலையில் ஞாயிறு தன் பரிமாணத்தில் பாதி அளவிற்கு சுருங்கி, இதற்குப் பிறகு உட்புறம் வெளிப்புறமாக ஒரு புதிய அழுத்தம் மதிப்பிலிருந்து மாறி மாறி அசையும். இந்த மாற்றம் சில மணிநேரத்திற்குள் முழுமை பெறும்.

படம் 17-ல் இடைவெளியில் உள்ள விண்மீன்கள் இவ்வாறு ஒப்புறும் வெளிப்புறமாக வேசலாடுகின்றன. ஒரு முறைச் சுழற்சி மாறுபாடு ஏற்படுவதற்குத் தேவையான காலம் இடைவெளியில் விண்மீனின் இடத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது. இக்கால காலம் இடக் கோடியில் 8 மணி நேரத்திலிருந்து வடகோடியில் கிட்டத்தட்ட ஒரு நாள் அளவாகும்.

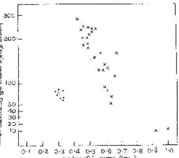
இந்த இடத்தில் நாம் புதிராக ஞாயிற்றின் கட்டுவெப்பநிலைத் திசையை நீக்கி விட்டதே வசைவாட்டத்திற்குக் காரணம் என்று சொல்லாமல் இருப்பதைக் குறிப்பாகக் கவனிக்க வேண்டும். இந்த விண்மீன்களின் அலைவாட்டத்திற்கு என்ன காரணம் என்று இதுவரையில் சிறிதளவும் தெரியாது. இது ஞாயிற்றின் அமைப்பை மிகவும் நுணுக்கமாகத் தழுவியிருக்கிறது என்று தோன்றுகிறது. இவ்வாறு இடைவெளிக்கு வெளிப்புறமான ஒரு விண்மீன் வேசலாடுவதில்லை. ஆனால் இடைவெளிக்கு உள்ளே இருக்கும் ஒரு விண்மீன் வேசலாடுகிறது. வேசலாடாத ஒரு நிலையிலிருந்து வேசலாடும் ஒரு நிலைக்கு மாறும் ஒரு நிலை மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்த ஒரு நிலையாகும்.

இவ்வுருண்டைக் கொத்துகளிலும் வேசலாடும் விண்மீன்கள் இருக்கின்றன. உதாரணமாக M_{92} என்ற கொத்து ஒன்றும். இதிலுள்ள விண்மீன்கள் படம் 18-ல் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஆனால் வெவ்வேறு கொத்துகளிலுள்ள வேசலாடும் விண்மீன்களின் எண்ணிக்கை வெவ்வேறாக இருக்கும். உதாரணமாக M_{13}, M_{92} என்ற இரண்டு கொத்துகளும் கிட்டத்தட்ட ஒரே எண்ணிக்கையுள்ள விண்மீன்களை உடையனவாயினும், M_3-ல் 150 வேசலாடும் விண்மீன்களும் M_{13}-ல் 6 விண்மீன்கள் மட்டுமே இருக்கின்றன. இவ்வுருண்டைக் கொத்துகள் தெரிந்த அளவு கிட்டத்தட்ட M_{92} போல் தான் இருக்கின்றன, M_3 போல் அல்ல. M_3-ல் தனிப்பட்ட முறையில் அதிக விண்மீன்கள் காணப்படுகின்றன. படம் 17, 18-ல் இவைகளை ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் இந்த வித்தியாசம் உடனடியாகத் தெளிவாகிறது. படம் 15-ல் P என்ற புள்ளிக் கருகிலுள்ள பகுதிகளில் M_3 போல விண்மீன் கூட்டங்களை யுடையதாகக் காணப்படுகிறது. இதற்கு இணையாக M_{15}-ல் இக் கூட்டங்கள் Q என்ற புள்ளி உள்ள பகுதியில் காணப்படுகின்றன. ஏன் இந்த வித்தியாசம் காணப்பட வேண்டும் என்பதற்குச் சரியான விடை இதுவரையில் தெரியவில்லை.

இது வரையில் நாம் ஆராய்ந்த வேசலாடும் விண்மீன்களைக் 'கொத்து மாறிகள்' (cluster variables) என்று அடிக்கடி குறிப்பதுண்டு. இந்தப் பெயர்க்குக் காரணம் இவை உருண்டைக் கொத்

துக்களில் காணப்படுவதே. இவ்வகை விண்மீன்கள் முற்றிலும் உருண்டைக் கொத்துகளில் மட்டும் காணப்படுவதில்லை ஆதலால் இந்தப் பெயர் உண்மையில் பொருத்தமற்றதாகையால் இப்பெயர் காரணத்தினால் 'R. R. லைரி விண்மீன்கள்' என்ற பெயரே 'கொத்து மாறிகள்' என்ற பெயரை விடச் சிறந்ததாகக் கருதிப் பெரும்பாலும் இப் பெயரைக் கொண்டே இவற்றை அழைக்கின்றனர். வகைமாதிரியாகக் கொடுக்கப்பட்ட பெயர் குறிப்பிட்ட உதாரணமாக உள்ள R. R. லைரி என்ற ஒரு விண்மீனின் பெயரைக் கொண்டதாகும். R. R. லைரி விண்மீன்கள் என்ற பெயரையே இனிவரும் ஆய்வுகளில் பயன்படுத்துவோம்.

R. R. லைரி விண்மீன்கள் பரிமாண அளவில் வேறுபடுவதோடு, வெளிச்ச அளவிலும் மாறுகின்றன. இதுவும் இவைகளைக்



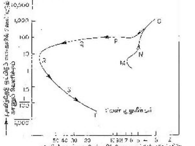
படம் 20.

கண்டறிய எளிதாகிறது. இந்த உண்மை அடுத்த அத்தியாயத்தில் முக்கியமானதாகும். படம் 20, வேறுபாடும் நேரத்திற்கும் வெளிச்ச அளவில் ஏற்படும் சதவீத மாற்றத்துக்கும், உள்ள தொடர்பைக் காட்டுகின்றது. இந்தப் படம் வாயிலாக அறிஞர்கள் பல ஆண்டுகளாக ஐயுற்ற ஓர் உண்மையாக இருக்கும் ஒரு நிலையை, அதாவது R. R. லைரி விண்மீன்கள் இரண்டு வகைப் பட்டவையாக இருக்கவேண்டும் என்பதை இங்கே மிகத் தெளிவாகக் காட்டுகின்றது. இதனில் முதல் வகை மாறுபாடும் பொழுதுகள்

(Oscillation periods) 10 மணி நேரத்திற்கு மேல் உடையன வாகும் (இது படம் 20-ல் × என்ற குறியால் காட்டப்பட்டுள்ளது). இரண்டாம் வகை 10 மணிக்குக் குறைவான போழ்துகளை உடையனவாகும் (இவை படம் 20-ல் ⊛ குறியால் காட்டப்பட்டுள்ளன) இவ்விரண்டு கூட்டங்களும் பலவகைப்பட்ட விண்மீன் கூட்டங்களைக் குறிக்கின்றன என்று கருதப்பட்டது. ஆனால், மறுபடியும் இந்த மாற்றத்துக்குக் காரணம் என்னவென்று தெரியவில்லை. இது ஒரு வருந்தத்தக்க நிலையாகும்.

படிமுறை வளர்ச்சியின் கடைசி கட்டங்கள் (The last stages of evolution)

படம் 15-ல் கொடுக்கப்பட்ட வளர்ச்சிப்பாதை படம் 21-ல் மறுபடியும் வரையப்பட்டிருக்கின்றது. இப்பாதை Q என்ற புள்ளிக்கு அப்பால் செல்லுகின்றது என்பதைக் காணலாம்.



படம் 21. வெண்ணிறக் குறுமீன்களுக்கான வளர்ச்சிப் பாதை

Q-லிருந்து T-க்கு உள்ள பாதை படிமுறை வளர்ச்சியின் கடைசிக் கட்டங்களைக் குறிக்கின்றது. இது விண்மீனின் உட்புற அணுக் கருவின் வினைகளிலிருந்து ஏற்படும் ஆற்றல் உற்பத்தி நின்றுவிட்ட பிறகு நிகழும் ஒரு வளர்ச்சி முறை. கடையில் விண்மீனில் உள்ள எல்லா ஹைட்ரஜனும் தீர்ந்து விடுகிறது (இது எவ்வாறு ஏற்படுகின்றது என்பதைப் பற்றி விரிவாகப் பின்பு கூறுவோம்). அதனால் ஹைட்ரஜன் ஹீலியமாக மாற்றப்படுவதினால் ஏற்படும் ஆற்றல் உற்பத்தி நின்று விடுகிறது.

185 ஆம் பக்கம் உள்ள அட்டவணையில் குறிப்பிட்டபடி ஹீலியம் எரிப்பினால் ஏற்படும் விளைவுகள் கடைசியாக நின்று விடும். ஏனென்றால் ஹீலியம் தீர்ந்து விடுகிறது. இதே மாதிரி விண்மீனில் வேறு எந்த அணுக்கரு எரிபொருளாயினும் அது தீர்ந்து விடும் (இதர வித விளைவுகளைப் பற்றி அத்தியாயம் 12-ல் காணலாம்.)

இவ்வாறு நிகழும் பொழுது விண்மீன் படம் 21-ல் உள்ளபடி அதன் பாதையில் Q-விலிருந்து T-க்குச் செல்லும்பொழுது குளிர்ந்து விடுகிறது. உட்புறப் பொருள்களின் வெப்பநிலை குறைந்தால் தாழ்வுபட்ட அழுத்தம் விண்மீனில் முற்றிலும் தழைத்து நிற்கும். (அறுத்துள்ள ஒளிக்கோச அடுக்குகளைத் தவிர்த்து) தாழ்வுபட்ட அழுத்தம் இந்த விளைவை ஏற்படுத்த முடிகிறது. ஏனென்றால், சந்திரசேகர் எல்லைக்குக் கீழான பொருண்மையை உடைய விண்மீன்களையே நாம் இப்பொழுது ஆராய்ந்து வருகிறோம்.

விண்மீன், படம் 21-ல் கொடுக்கப்பட்டபடி உள்ள புள்ளிகளில் S-இலிருந்து R-வரை மற்றும் R-இலிருந்து T-வரை செல்லும்பொழுது குளிர்வதற்கு வேண்டிய காலம் படிப்படியாக அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்கும் என்பதைக் கணக்கீட்டின் மூலம் காணலாம். வளர்ச்சியின் வேகம் மிகவும் குறைந்து பால் மண்டலத்தின் வயதுக்குரிய காலத்தினுள் ஒரு விண்மீனுக்கு T என்ற புள்ளிக்கு அப்பால் குளிர்வதற்கு வேண்டிக் காலம் கிடைக்காமல் போய்விடும். இந்தப் படத்தில் R-இலிருந்து T-வரை உள்ள பகுதியில் இறக்கும் விண்மீன்களில் அநேகம் இருப்பதைக் காணலாம். இது நேரிடை ஆராய்ச்சிக்கு ஒத்தவாறு இருக்கின்றது. R-இலிருந்து T-வரையுள்ள பகுதியில் விண்மீன்கள் ஏராளமாக இருக்கின்றன. இவைகள் வெண்ணிறக் குறுமீன்கள் (white dwarfs) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இந்தப் பெயர்க்குக் காரணம் இவைகள் பரிமாணத்தில் சுருங்கியும் மேல்புறங்களில் வெண்மையாக இருப்பதும் ஆகும். உதாரணமாக ஒரு வெண்ணிறக் குறுமீனை எடுத்துக் கொண்டால், அது வியாழனை விடப் பரிமாணத்தில் பெரியதாய் இல்லாவிட்டாலும் அதன் பொருண்மை வியாழனைவிட 1,000 மடங்கு அதிகமாக இருக்கலாம். வெண்ணிறக் குறுமீன்கள் மிகவும் நசுக்கப்பட்ட விண்மீன்கள் என்பது தெளிவாகிறது.

வெண்ணிறக் குறுமீன்கள் குறைந்த வெளிச்சத்தை உடையனவாய் இருப்பதால் இவைகளை நேரிடையாகக் கண்டுபிடிக்க முடியாது, இவை நமக்கு மிகவும் அருகாமையில் இருந்தால் தவிர, இது ஒரு முட்டுக்கட்டையாயினும் குறிப்பாக ஹுயிட்டன்

(Luyten) என்பவரால் இருநூறுக்கு மேல் இவ்வகை விண்மீன்கள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. வெண்குள்ளக் குறுமீன்கள் சாதாரணமாகவும் ஏராளமாகவும் இருப்பவை. தமக்கடுத்துள்ள விண்மீன் மண்டலத்தில் கிட்டத்தட்ட ஒரு டஜன் விண்மீன்கள் இருக்கின்றன.

புது மீன்கள் (The novae)

விண்மீன்களின் அழிவு ஒரு சிறந்த எதிர்ப்பாகத்தான் இருக்க வேண்டும். இது எப்படி ஏற்படுகின்றது என்பதை விண்மீனில் கடைசியாக எஞ்சியுள்ள ஹைடிரஜன் எப்படி மற்றிப் போகின்றது என்பதை ஆராய்ந்தால் தெரியும். படம் 19-ல் ஆற்றல் உற்பத்தி செய்யும் தோசி மேல்புறம் வரை கொடுமுகிச் செல்லாது என்பது தெளிவாகிறது. ஏனென்றால், ஆற்றலை உற்பத்தி செய்வதற்கு வேண்டிய வெப்பநிலை 10 மில்லியன் டிகிரிகளுக்குமேல் இருக்க வேண்டும். விண்மீனின் மேற்புறம் இவ்வளவு வெப்பமுடையதாக இருக்க முடியாது. ஏனென்றால், வான வெளியில் இது வெளிப்படுத்தும் கதிர்வீச்சு சாத்தியமற்ற வகையில் மிகவும் அதிகமாகிவிடும். இருந்தாலும் விண்மீன்கள் ஹைடிரஜனில் மேற்புறம் வரையில் தீர்ந்து விடுகின்றன. பைடல்மன் (Bidelman) என்பவரும் கிரீன்ஸ்டைன் (Greenstein) என்பவரும் இம்மாதிரியான விண்மீன்களைப் படம் 21-ல் P இலிருந்து Q வரையுள்ள பகுதியில் கண்டறிந்தார்கள்.

வெளிப்புற முள்ள ஹைடிரஜனைத் தீர்ப்பதற்கு ஒரு வழி என்னவென்றால், இதை ஆற்றல் உற்பத்தி செய்யும் உட்பகுதிக்கு சுழன்று வரும் மின்னோட்டங்களின் உதவியால் கீழே எடுத்துச் செல்வது. இதனால் ஆற்றல் உற்பத்தி செய்யும் பகுதியில் உற்பத்தியாகும் ஹீலியத்தை உள்ளடக்கிய முற்றிலும் சேர்க்கையுள்ள மேற்புறத்திலிருந்து வரும் ஹைடிரஜனுடன் மாற்றம் செய்யப்பட்டன என்பதாகும். இந்த முறை ஓரளவில் நடக்கக்கூடியதாயினும், இது ஒரு முழு உண்மையாகிவிடாது. ஏனென்றால், ஹைடிரஜன் முற்றிலும் மாறுபட்ட வகையில் விலக்கப்படலாம்.

ஒலிக்கோள் அடுக்குகளைத் தவிர ஒரு விண்மீனின் வெளிப்புற பகுதிகளிலும் உள்ள பொருள் சிதறிச்சென்று வருவதைப் பற்றிக் குறிப்பிட்டுள்ளோம். ஹைடிரஜனின் மேல் தோல் எப்பொழுதாவது சிதைந்து தெறித்தால்—இதில் பெரும்பாலான பகுதியாவது சிதைந்து தெறித்தால்—ஒரு வெடிப்பே ஏற்பட்டுவிடும். இது ஒரு உள்ளகத்தின் 'வெடி நிலைமை' போல் இருக்கும். இதை மோஸ்டல் (Mostel) என்பவர் கூட்டுப் பயன்படுத்தியிருக்கிறார். இவ்வாறு

வன்மையான வெடிப்புகள் ஏற்படுமென்று இவர் கருதுகிருர். இந்த முறைக்கும் உள்ளகத்தின் வெடி நிலைக்கும் நடைமுறையில் ஒரு முக்கிய வேறுபாடு இருக்கின்றது. இந்த வெடிப்பு விண் மீனின் வெளியே ஏற்படுவதால் காண்பதற்கு எளிதாகிறது.

ஒரு முனைப்பான கணக்கீட்டின் விளைவுகளை இரண்டு விதமாகக் கருதலாம். வெளியிடப்பட்ட ஆற்றல் முற்றிலும் இயக்கமாக மாற்றப்பட்டால்—கட்டுப்படுத்தக் கூடிய விண்மீனின் ஈர்ப்புப் புலன்கள் இல்லாத பொழுது—வெடி பொருள்கள் விண் மீனை விட்டு வெளிப்புறமாகச் சராசரி அளவில் ஒரு நொடிக்கு 1,000 கிலோ மீட்டர் வேகத்தில் வெடித்துக் கிளம்பும். இதற்கு மாருக ஆற்றல் முழுவதும் வெப்பமாக மாற்றப்பட்டு வெடிப்பதற்குரிய ஹைட்ரஜன் ஞாயிற்றின் பொருண்மையில் 10 சதவீதமாக இருந்தால், அப்பொழுது விண்மீன் ஞாயிற்றைப் போன்று 100,000 மடங்கு வெளிச்சத்துடன் பல வாரங்கள் பிரகாசித்துக் கொண்டிருக்கும். இது வெடிக்கும் விண்மீன்களோடு ஒரு தொடர்பை ஏற்படுத்துகின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட புது மீன் வெளிச்சத்தில் ஞாயிற்றைப் போன்று 30 மடங்கு அளவிலிருந்து அதாவது படம் 21-ல் Q என்ற புள்ளியில் உள்ளபடி, 100,000 மடங்கு அதிகரிக்கும். இந்தக் குறிப்பிட்ட புது மீன் இந்த வெளிச்சத்தை ஒன்று அல்லது இரண்டு வாரங்களுக்கு உடையதாக இருக்கும். அதற்குப் பிறகு விரைவாகக் குறைந்து கொண்டே வரும் இதைத் தவிர விண்மீனை விட்டுப் பொருள்களை நொடிக்கு 2,000 கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தில் சுட்டுத்தள்ளப்படும். இந்த நேர் வேகம் நாம் கணக்கிட்ட சராசரி வேகத்தை விட அதிகமாக இருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இதிலிருந்து விண்மீனின் வலுவான ஈர்ப்புப் புலன்கள் வெடிக்கும் ஹைட்ரஜனில் பெரும்பாலான அளவை, வெளிவிடாமல் தன்னுடன் வைத்துக் கொள்கிறது என்பதாக நமக்குத் தோன்றுகிறது. அதாவது, சூடாக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜன் விரிவடைந்து போதிய வேகம் இல்லாததிஞல் விண்மீனை விட்டு அகலாமல் இருக்கின்றது என்பதாகும். இது ஒரு புது மீனிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் பொருள் குறைவாக இருக்கும் என்று நுண் காட்சியின் மூலம் நமக்குத் தெரிய வரும் உண்மைக்கு ஒத்திருக்கின்றது. இது விண்மீனின் மொத்தப் பொருண்மையில் 100-ல் ஒரு பங்கு சதவீதமாகும். சில காலம் கழித்துச் சூடாக்கப் பட்ட ஹைட்ரஜனின் மூலப் பொருண்மை குளிர்வடைந்து தன்னுடைய முந்திய நிலையை அடையும். இந்த முறை இரண்டாம் முறை, மூன்ரும் முறை இன்னும் அநேக முறைகள் அடிக்கடி ஏற்படும். இவ்வாறு கிட்டத்தட்ட 1,000 முறைகள் வெப்பத்தால் தான் விண்மீன் அதன் மொத்த ஹைட்ரஜனையும் தீர்த்து விட

முடியும் (விலக்கி விட முடியும்). இதிலிருந்து ஒரு கவர்ச்சியான கணக்கீடு செய்யலாம். மொத்தம் பால்வெளி மண்டலத்திலும் படம் 21-ல் உள்ள பாதை போன்ற ஒரு பாதையில் சுமார் 100 மில்லியன் விண்மீன்கள் இருக்கின்றன. ஒவ்வொரு விண்மீனிலும் 1,000 முறை வெடித்தால் மொத்த விண்மீன்களுக்கும் 1,000,000 மில்லியன் வெடிப்புகளாகும். இந்த விண்மீன்களின் முழுமை வளர்ச்சிக்கான காலம் 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் ஆனதால் புதுமீன்கள் ஆண்டுக்கு 20 விதம் ஏற்படுகின்றன. பால்வெளி மண்டலத்தில் ஒவ்வொரு ஆண்டும் எவ்வளவு புது மீன்கள் ஏற்படுகின்றன என்பது கணக்கிடப்பட்டிருக்கின்றது. இது 20 அல்லது 30 என்ற அளவில் இருக்கின்றது — இந்தக் கணக்கீடு பல வகையிலும் மிகவும் பொருத்தமானதாகும்.

10. வானவெளித் தொலைவுகளை அளவிடுதல்

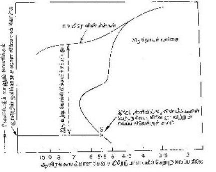
(The Measurement of Astronomical Distances)

வானவெளித் தொலைவுகள் ஒரு தந்திரம் போன்றவை. அண்டத்தின் தொலைவுகள் நம்மை ஆச்சரியப்படச் செய்கின்றன. ஆனால், ஒரு மாயத் தந்திரம் எப்படி அது செய்யும் விதம் தெரிந்தவுடன் தெளிவாகி விடுமோ, அதேபோல் இதுவும் எளிதாக இருக்கும். இவைகளை அளக்கும் முறை கவர்ச்சியூட்டுவதாகும்.

இரவில் ஒரு மோட்டார் வண்டி ஓட்டுபவர் எப்படி எதிரே வரும் ஒரு மோட்டார் காரின் தொலைவை நிர்ணயிப்பாரோ அதே போல் இதுவுமாகும். காரின் முகப்பு விளக்குகள் மங்கலாக இருந்தால் அப்பொழுது அது தொலைவாக இருக்கும்; மிகவும் வெளிச்சமாக இருந்தால் அது அருகில் இருக்கின்றது என்று அறியலாம். சுமாரான தீர்ப்பு எப்பொழுது ஏற்படும் என்றால் ஒரு திட்ட அளவிலிருந்து, 50 கஜங்கள் என்று வைத்துக்கொண்டால் முகப்பு விளக்குகள் எவ்வாறு வெளிச்சமாக இருக்கும் என்பதை நாம் நிர்ணயிப்பதைப் பொறுத்திருக்கும். ஒரு மோட்டார்காரின் முகப்பு விளக்குகள் இயல்பாகவே அதிக வெளிச்சமுடையவைகளாக இருந்தால், அப்பொழுது அதன் தொலைவை நிர்ணயிப்பது தவறுதலாகிவிடலாம் என்பது அனுபவத்திலிருந்து தெரியவருகின்றது. இந்த நிலையில் மோட்டார்கார் நாம் நினைப்பதைவிட அதிகத் தொலைவில் இருக்கும்.

வானத்திலுள்ள விண்மீன்களின் தொலைவுகளை ஆராயும் பொருட்டு முகப்பு விளக்குகளைக் கருதினால் உடனடியாகவே நாம் கடுமையான இடைஞ்சல்களை அடைவோம். ஏனென்றால், விண்மீன்களின் இயல்பான வெளிச்சம் வெகுவாக மாறிவரும். மோட்டார் வண்டியின் முகப்பு வெளிச்சத்தில் மிகவும் வெளிச்சமாக

இருக்கும் ஒன்றிற்கும், மங்கலாய் இருக்கும் ஒன்றிற்கும் 10 மடங்கு வித்தியாசத்தை ஒரு அளவு என்று வைத்துக் கொள்ளலாம். ஆனால், உண்மையில் விண்மீன்கள் அவைகளின் இயல்பான வெளிச்சத்தில் இன்னும் அதிக மாறுபாட்டை உடையவைகளும், ஆகையினால், தொலைவுகளை நிர்ணயிக்க 'முகப்பு விளக்குகள்'



படம் 22. RR லைரா வகை விண்மீன்களின் இயல்பான வெளிச்சத்தை நிர்ணயிப்பது

முறையைப் பயன்படுத்திடும் அப்பொழுது நமக்கு நெருங்கிய உண்மை வெளிச்ச அளவினை உடைய விண்மீன்களைத்தான் பயன்படுத்த வேண்டும். சூரியனின் இயல்பான வெளிச்சம் சரியாகவே நமக்குத் தெரியும். ஆகையினால், சூரியனைப் போன்றுள்ள விண்மீன்களைப் பயன்படுத்தலாம். ஆனால், இந்த முறையில் இரண்டு குறைபாடுகள் உள்ளன.

முதலாவதாக, சூரியன் ஒரு நல்ல வெளிச்சத்தை உடைய விண்மீனாகாது. இம்மாதிரியான விண்மீன்கள் மிகவும் தொலைவாக இருந்தால் இவைகளைக் கண்டுபிடிப்பது எளிதாகாது. இதைத் தவிர, சூரியனைப் போன்ற வெளிச்சத்தை உடைய தனிப்பட்ட விண்மீன்களைத் தேர்ந்தெடுப்பது ஒரு தொந்தரவான முயற்சியாகும்.

R R லைரி விண்மீன்களை 'மூல முப்பு விளக்குகளாய்' எடுத்துக்கொண்டால் அப்பொழுது (மேற்சொன்ன) இரண்டு குறைபாடுகளையும் தவிர்த்துவிடலாம். R R லைரி விண்மீன்கள் ஞாயிற்றைவிட 100 மடங்கு அதிக இயல்பான வெளிச்சங்களை உடைய விண்மீன்களானாலும் இவைகள் தொலைவாக இருந்தாலும் கண்டறியலாம். ஆனால், ஞாயிற்றைப் போன்று விண்மீன்களைக் கண்டறிவது இயலாது. மேலும் இவைகளுக்கான முகிப்பட்ட வரைபடம் இவைகளைப் பொறுக்கி எடுப்பதற்குச் சாதகமாக இருக்கின்றது.

R R லைரி விண்மீன்கள் தொலைவு காட்டிகளாக (The R R Lyrae Stars as distance indicators)

R R லைரி விண்மீன்களைத் தொலைவுகாட்டிகளாகப் பயன்படுத்துவதற்குக் கண்காட்டியோடு அமைக்கப்படுகிற அறிவும் வேண்டும். கண்காட்டியை முதலாவதாக எடுத்துக்கொண்டால், ஒரு மோட்டார்வண்டியை ஓட்டுபவர் எதிர்நோக்கி வரும் முகப்பு விளக்கை ஆராய்ந்தறியும் திசையைச் சரியானபடி அளந்தறியும் நிலையாக மாற்றவேண்டும். இதைத் தெரிந்து அளவு வெளிப்படுத்தி R R லைரி விண்மீனை ஒளிப்படத்திலிடுக்கு, இதிலிருந்து கணக்கிட்டறியலாம், காணும் வெளிச்ச அளவை அந்த விண்மீன் ஒளித்தட்டில் காட்டியிருக்கும் குறியிலிருந்து கணக்கிட்டறியலாம். விண்மீனின் தொலைவைக் கணக்கிடுவதற்கு ஒரு R R லைரி விண்மீனின் இயல்பான வெளிச்சத்தைப் பற்றித் தெரியவேண்டும். இது ஞாயிற்றைப் போல் 100 மடங்காகும் என்பதை மேலே கூறினோம். இது எப்படித் தெரிந்தது?

இதற்கான விடை படம் 22-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. M_3 என்ற கொத்திலுள்ள விண்மீன்களின் வரிசையைத் தவிர, R R லைரி விண்மீன்களின் பகுதிகளும் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன. இந்தப் படத்தில் S என்ற புள்ளியின் அருகிலுள்ள விண்மீன்கள் ஞாயிற்றின் நிலையில் உள்ளபடி நிறப் பரவலை உடைய ஒளிகளை வெளிப்படுத்துவனவாகும். மேலும் S என்ற புள்ளியின் அருகிலுள்ள விண்மீன்கள் கிட்டத்தட்ட ஞாயிற்றைப் போலவே முக்கிய வரிசையில் உள்ளனவாகும். ஆகையினால் இயல்பான வெளிச்சத்தில் இவ்விண்மீன்கள் ஞாயிற்றைப் போலவே இருக்கும் என்பது சரியான ஊகத்தீர்மானமாகும். இதை ஒப்புக் கொண்டால் வெளிச்ச அளவீடு மொத்தப் படத்திற்கும் தீர்மானமாகிவிடும். இதே முறையில்தான் படம் 17 ஐயும் அளவீடு நிர்ணயிக்கப்பட்டது. கண்டறிந்த பின்னர், S என்ற புள்ளியிலுள்ள விண்மீன்களைக் காட்டிலும் RR லைரியைச் சேர்ந்த ஒரு விண்மீனின் வெளிச்சத்தை

1,000 மடங்கு அதிகப்படுத்தி இதை அளவாகக் கொள்ளவேண்டும். இவ்வாறு செய்வதற்குக் காரணம் M, (பிளேட் XVIII) இதிலுள்ள விண்மீன்கள் நம்மிடமிருந்து ஒரே தொலைவில் இருப்பதனாலும், ஆகையினால் இரண்டு விண்மீன்களின் வெளிச்சங்களின் கண்டறியப்பட்ட விகிதமும், அவைகளின் இயல்பான வெளிச்சங்களின் விகிதத்திற்குச் சமமாகும்.

இந்த நிலையில் பால்மண்டலத்தைப் பற்றிச் சிறிது கூறுவது வசதியாக இருக்கும். அண்டத்திலுள்ள விண்மீன்கள் பால்மண்டலத்தில் பரவியிருப்பதற்குப் பதில் அநேகமாக இவ்வாறு அமைப்புள்ளது — ஒரு தட்டையான லென்ஸ் போன்ற அமைப்பை உடையதாகவும்,

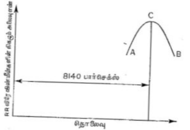
படம் 28. பால்மண்டலத்தின் திட்டப்படி வரையப்பட்ட விளிம்புப்புற விளக்கப்படம்

மத்தியில் ஒரு விதப் புடைப்பை உடையதாகவும், அதாவது அதன் கருவைப் போன்ற நடுப்பகுதியை உடையதாய் — படம் 23-ல் உள்ளபடி இருக்கும். படம் 23-லேயே காட்டப்பட்டுள்ளபடி, ஞாயிறும் கோள்களும் மையத்திலிருந்து மிகவும் விலகியிருக்கின்றன. எவ்வளவு தூரம் விலகியிருக்கும்? வால்ட்டர் பாடே (Walter Baade) என்பவர் இந்தக் கேள்விக்கு ஒரு விடையை அளித்திருக்கிறார். நடுப்பகுதியில் உள்ள RR லைரா விண்மீன்களின் பல்வேறு தொலைவுகளை அளவிட்டறிந்து, இதனால் இருக்கின்ற விண்மீன்கள் எந்த அளவில் வானவெளியில் காணப்படுகின்றன என்பதைப் பாடே என்பவர் கணக்கிட்டார்.

அவர் படம் 21-ல் உள்ளபடி ஒரு பரவலைக் கண்டார். படம் 21-ல் கொடுக்கப்பட்ட வளைகோட்டின் விளக்கம் யாதெனில், RR லைரா விண்மீன்கள் நடுவில் உச்ச அளவில் காணப்படுகின்றன; அதாவது படம் 23-ல் C என்ற புள்ளிக்கு இணையாக உள்ள நிலையாகும். மையத்தைவிட்டு விலகிச் செல்ல விண்மீன்களின் எண்ணிக்கையும் குறைந்து கொண்டே போகும். A என்ற புள்ளி மையத்தைவிட்டு அருகாமையிலும் B என்ற புள்ளி மையத்திலிருந்து தொலைவிலும் அமைந்திருக்கின்றன. இதற்கு இணையாக இரண்டு படங்களிலும்

கொடுக்கப்பட்ட குறிப்பீடுகளிலிருந்து இது தெளிவாகின்றது. அண்டத்தின் நடுப்பகுதியிலிருந்து ஞாயிற்றின் தொலைவு எவ்வளவு என்பதை படம் 24-ல் உள்ள வளைகோட்டின் உச்சநிலை எவ்வளவு தூரத்தில் இருக்கின்றது என்பதைக் கண்டறியலாம். பாடேயின் ஆராய்ச்சிப்படி இத்தொலைவு 8,000 பார்சேக்கிற்குச் (parsec) சற்று மேலாக உள்ளது—சாதாரண வழக்கத்திலுள்ள அளவீட்டின் படி இது 150,000,000,030,000,000 மைல்களாகும்—சிறந்த முன்னேற்றமல்லவா ?

பார்சேக் என்பது வான நூலறிஞர்களால் கையாளப்படும் தொலைவுகளுக்கான ஓர் அளவு முறையாகும். இதன் பொருளை எளிதாக அறியலாம். படம் 25-ல் உள்ள வட்டத்தின் E, F என்ற

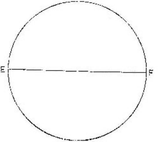


படம் 24. நம் அண்டத்தின் நடுப் பகுதியின் தொலைவை நிர்ணயித்தல்

விட்டத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். நம் கண்ணிலிருந்து இரண்டு கோடுகள், ஒன்று E என்ற புள்ளியை நோக்கியும், மற்றொன்று F என்ற புள்ளியை நோக்கியும் செல்வதாக வைத்துக்கொள்வோம். இந்த இரண்டு கோடுகளுக்கும் இடையே ஒரு கோணம் இருக்கும் என்பது தெளிவு. E F என்ற விட்டம் இந்த கோணத்தைத் தாங்கி நிற்கிறது. இப்பொழுது மேற்சொன்ன வட்டத்தைக் கண்ணிற்கு நேராக அறவே எடுத்துச் செல்லுவோம். அப்பொழுது E F தாங்கி நிற்கும் கோணம் சிறிதாகிக் கொண்டே போகும். வட்டத்தைப் போதிய அளவு தூரத்திற்கு எடுத்துச் சென்றால் நமக்குத் தேவையான அளவு கோணத்தைச் சிறிதாக்கலாம். உதாரணமாக, ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் E F தாங்கி நிற்கும் கோணம் 2 நொடிகள் வட்டப் பகுதி அளவில் (2 seconds of arc) இருக்கும். (ஒரு

L வட்டத்தில் உள்ள செங்கோணத்தில் 90 'டிகிரிகள்' உள்ளன; 1 டிகிரிக்கு 60 'கோண நிமிஷங்களும்', 1 கோண நிமிஷத்திற்கு 60 'கோண நொடிகளும்' உள்ளன. இவை கால அளவில் இல்லாமல் கோண அளவில் இருக்கின்றன—இதைப் 'பகுதி வட்டம் (arc) ரீதியாக' என்று குறிப்பிட்டால் போதும். படம் 25-ல் கொடுக்கப் பட்டிருப்பது புவி சூரியனைச் சுற்றி வரும் பாதையைக் குறிப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். அப்பொழுது E F என்பது புவியின் சுற்றுப்பாதையின் விட்டமாகும். E F என்ற விட்டம் 2 கோண நொடிகளைத் தாங்கி நிற்கும் தொலைவு பார்செக் (parsec) என்பதாகும். ஒளி, நொடிக்கு 186,000 மைல்கள் வீதம் பிரயாணம் செய்தால், 1 பார்செக் தூரத்தைக் கடக்க 3 வருடங்களுக்குச் சற்று மேல் ஆகும். ஒப்பிடுவதற்கு, ஒளி, சூரியனிலிருந்து புவியை அடைய 8 நிமிடங்களும், வெகு தொலைவில் உள்ள கோளான ப்ளூட்டோ (Pluto) வை அடைய 5 மணி நேரமும் ஆகும். எனவே, கோள்களின் அமைப்பு வகையில் 1 பார்செக் தொலைவு என்பது மிகவும் அதிகமான ஒரு பேரளவாகும் என்பது தெளிவு.

வானநூல் அறிஞர்கள் ஏன் பார்செக் அளவையைப் பயன்படுத்துகின்றனர்—அதாவது இத்தனை பார்செக் தொலைவு என்று



படம் 25.

குறிப்பிடுவது ஏன்? இது விண்மீன்களுக்கு இடையே உள்ள சராசரி தூரமாகும் என்பது ஒரு காரணமாகும்; மற்றும் நம் அண்டத்திலுள்ள தொலைவுகள் எல்லாம் இந்த அளவில் கையாளத்

கூடிய எண்ணிக்கைகளில் இருக்கும். ஞாயிறு அண்டத்தின் மையத்தி லிருந்து 8,000 பார்செக்ஸ் தொலைவில் இருக்கின்றது (பாடேயின் படியின் உண்மையான மதிப்பீடு 8,140 பார்செக்ஸ் என்பதாகும்) என்று சொல்வது, மையம் 150,000,000,000,000,000 மைல்கள் தொலைவில் உள்ளது என்று சொல்வதைக் காட்டிலும் எளிதாகும்.

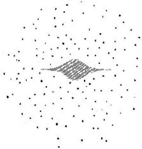
பால்மண்டலத்திற்கு வெளியே உள்ள தொலைவுகள் (Distances outside the Milky Way)

நம் அண்டத்தின் உட்புறத்தில் தொலைவுகளை அளவிடுவதற்கு மட்டும் பயன்படுத்துவதல்லாமல் R R லீர் விண்மீன்களை அண்டத்தின் வெளியே உள்ள தொலைவுகளை அளவிடுவதற்கும் பயன்படுத்தலாம். நம்முடைய அண்டம் ஒதுக்கப்பட்ட ஒரு விண்மீன் தொகுதியாகும் என்பதை இங்கு வலியுறுத்த வேண்டும். வான வெளியில் எந்தத் திசையிலாவது போதிய தொலைவு பிரயாணம் செய்தால் பால் மண்டலத்தை விட்டுப் புறம்பான ஒரு பகுதியை அடையலாம். இது 30,000 பார்செக்ஸ் தொலைவில் நேரிடலாம். இந்த உண்மை படம் 23-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள அண்டத்தின் வரைபடத்திற்குப் பொருந்த மற்றதாக முதற்கண் தோன்றுகிறது. இந்தப் படத்தில் ஞாயிறு அண்டத்தின் வெளிப்புறங்களில் இருப்பதாகக் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இதனால் நாம் வெகு விரைவில் அண்டத்தைவிட்டு வெளியேறி விடலாம் என்று தோன்றும்; நாம் மையத்தை நோக்கிச் செல்லும் ஒரு திசையில் சென்றாலன்றி இது உண்மையாகத் தோன்றும். அண்டத்தை விட்டு வெளியேற இந்த நிலையிலும் 15,000 பார்செக்குகளுக்கு மேல் மிகவும் அதிகத் தொலைவாகாது.

படம் 23-ல் காட்டப்படாமல் இருப்பது யாதெனில், நம் அண்டத்தைச் சுற்றியுள்ள விண்மீன்களின் தனிப்பட்டப் பரவல் (diffused halo of stars) ஆகும். விண்மீன்களின் முக்கிய அமைப்புகளைப் பொறுத்தவரை படம் 23 சரியானதாகும். இதோடு இந்தப் படத்தைச் சுற்றி மிகவும் பரந்த விண்மீன்களைக் கொண்ட ஓர் ஒளி வட்டம் இருப்பதை உணரவேண்டும். இது படம் 26-ல் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. இந்த ஒளி வட்டத்தின் குறுக்குத் தொலைவு 60,000 பார்செக்ஸ் அளவில் இருக்கலாம்.

மையத்திலிருந்து 30,000 பார்செக்ஸ் தொலைவில் அண்டத்தில் தனிய விண்மீன் தொகுதிகள் இருப்பதாகத் தெரிகின்றது. இவை உருண்டைக் கொத்துக்களைக் காட்டிலும் பரிமாணத்தில் சற்றுப் பெரியனவாகவும், அண்டத்தைக் காட்டிலும் சிறியன

லாகவும், தண்ணிய விண்மீன் கூட்டங்களாகும். (இவை 10 பில்லியன் விண்மீன்களைக் கொண்டவை; உருண்டைக் கொத்துக்களில் சராசரியாக 100,000 விண்மீன்கள் உள்ளன. அண்டத்தில் ஏறத்தாழ 100,000 மில்லியன் விண்மீன்கள் உள்ளன). இவைகளைத் துணைக் கோள்கள் என்று அழைப்பது சரியாகும் என்றாலும், ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தில் எப்படித் துணைக்கோள்கள் அவற்றின் தாய்க் கோள் களைச் சுற்றி இயங்குகின்றனவோ அதேபோல் இவை அண்டத்



படம் 25. நம் அண்டத்தைச் சுற்றியுள்ள துணைக் கூட்டம்

தைச் சுற்றி வருகின்றன, இது கோள்கள் ஞாயிற்றைச் சுற்றுவது போன்றதும் என்றும் சொல்லலாம். ஆனால், அண்டத்தைச் சுற்றி வரு கால அளவில் சில மாதங்கள் அல்லது சில ஆண்டுகளல்லா மல், சுமார் 2,000 மில்லியன் ஆண்டுகளாகும். இம்மாதிரியான துணை விண்மீன் தொகுதிகளைப் பலோமர் மலையிலுள்ள (Palomar Mt.) வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடத்தில் நடத்திய ஆய்வு மூலம் கண்டு பிடித்திருக்கிறார்கள்.

நாளடைவில் நம் பிரயாணி அண்டத்தை விட்டு வெளியேறி விடுவான். அவன் வெளிவெளியில் இருந்தாலும், வான வெளியை முற்றிலும் வெற்றிடமாகக் காணமாட்டான். இங்கு மற்றும் பெரிய விண்மீன் தொகுதிகளைக் காண்பான். இதில் சில நம் அண்டத்தைப் போலவே இருக்கும். இம்மாதிரியான ஒரு தொகுதிப் படம் XXI-ல் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இது ஆண்டிரோமிடா (Andromeda) என்று சொல்லப்படும் விண்மீன் மண்ட

லத்திலுள்ள (constellation) ஒரு பெரிய அண்டமாகும். இது முன்பு சிறிதாக இருந்து இப்பொழுது பெரிதாக ஆகிவிட்டதாகக் கருதப்படுகிறது. ஆண்டிரோமீடா நெபுலாக்களின் தொலைவை (பட்டியல் பெயர் M_{31} என்பதாகும்) பாடே என்பவர் கண்டு பிடித்திருக்கிறார். ஆனால், பயன்படுத்தப்பட்ட இந்தத் தொலைவு கணக்குள் வந்தவை R R லைரி விண்மீன்களல்ல (என்பதைக் கீழே காண்போம்). M_{31} என்பது மிகவும் நம்பத்தகாத தொலைவான 450,000 பார்செக்ஸ்—அதாவது 10,000,000,000,000,000,000 மைல்கள் தொலைவில் உள்ளது. ப்ளேட் XXI-ல் காட்டப்பட்ட M_{31}-ன் குறுக்குத் தொலைவு 25,000 பார்செக்ஸ்களாகும். இதற்கு இணையாக நம்முடைய அண்டத்திலுள்ள தொலைவு 15,000 பார் செக்ஸ்களாகும்.

படம் XXI-ல் காட்டப்பட்டுள்ள M_{31} என்ற மண்டலத்தை ஒளிப்படமாக்க இயலாத ஓர் ஒளி வட்டம் சூழ்ந்திருக்கின்றது. இந்த M_{31} மண்டலத்தில் ஒளி வட்டம், மையத்திலிருந்து 50,000 பார்செக்ஸ் தொலைவிற்குப் பரவியிருக்கும். M_{31} இரண்டு துணை விண்மீன் அமைப்புகளை (satellite star systems) உடையதாக இருக்கின்றது. இவை நம் அண்டத்திலுள்ள துணை அமைப்புகளை விடச் சிறந்தவவாகும். ஷ்வார்ஸ்சைல்ட் (M. Schwarzschild) என்பவரால் நடத்தப்பட்ட ஆராய்ச்சியினால் இந்தத் துணை அமைப்புகள் M_{31} மண்டலத்தின் மொத்த பொருண்மையில் 5 சதவீதம் பொருண்மைகளை உடையதாகும் என்று தெரிகிறது. நம்முடைய அண்டத்தில் துணை அமைப்புகளின் பொருண்மை மொத்தப் பொருண்மையில் 10-ல் ஒரு பங்கு சதவீதத்திற்கு மேல் இருக்காது.

வெளிப்புற விண்மீன் தொகுதிகளில் M_{31} தான் மிகவும் அருகாமையில் உள்ளது என்று எவ்விதத்திலும் சொல்ல முடியாது. ஆனால், இது உண்மையாகவே பெரிய தொகுதிகளில் அருகாமையில் உள்ளதொன்றாகும். அருகாமையில் உள்ள எல்லாத் தொகுதிகளும் ஒப்பிட்டவகையில் மங்கலான சிறப்பற்ற (விண்மீன்) கூட்டங்களாகும். ஆனால், வான நூல் அறிஞர்களைப் பொறுத்தவரை இவை மிகவும் முக்கியமானவையே. புவியின் வடபாதியிலிருந்து அருகாமையில் காணக்கூடிய அமைப்பு சமீபத்தில் டிரேக்கோ (Draco) என்ற விண்மீன் மண்டலத்தின் திசையிலிருக்கின்றதான ஒரு விண்மீன் தொகுதியாகும். இதை பலோமர் சிகரத்திலுள்ள ஆராய்ச்சியாளர்கள் முனைப்பாக ஆராய்ந்து வருகின்றார்கள். இதைவிட அருகாமையிலிருக்கும் விண்மீன்கள் புவியின் தென்பாதியிலுள்ள வானக் காட்சியாளர்களுக்குத் தெரி

கின்றது. இவைகளுள் மிக அருகாமையில் உள்ளவை வெறுங் கண்ணுல் பார்க்கும் பொழுது கூடச் சிறப்பாகத் தெரியும். இவை மெகல்லனிக் மேகங்கள் எனப்படும்.

மெகலன் என்பவர் அஞ்சாத ஆய்வாளர்; இவர் பெயரால் மெகலனின் மேகங்கள் (Clouds of Magellan) எனப் பெயரிட்டது மிகப் பொருத்தம். இவைகளைப் படம் XXII மற்றும் படம் XXIII ஆகியவற்றில் காணலாம். தாக்கிரே, வெஸ்லிங்க் என்பவர் களால் (Thackeray and Wesselinck) R R லைரீ விண்மீன்களைக் கொலை நட்டமளவாகக் கொண்டு இவைகளின் தொலைவு 50,000 பார்செக்குகளாகும் என்று முடிவு கூறப்பட்டது. இது மிகவும் பொருத்தமாக இருப்பதினால் இவைகளை நம் அண்டத்தைச் சேர்ந்த துணை அமைப்புகளாக ஏன் கருதலாகாது என்று தோன் றும். தற்போதைய கருத்தின்படி இவைகளை இவ்வாறு கருதலா காது. ஆனால், இது இன்னும் தீர்மானமாகவில்லை. இந்த இரண்டு விண்மீன் தொகுதிகளும் தொடர்புள்ளவை என்பதே உண்மையாக இருக்கலாம். ஆஸ்திரேலியா தேசத்தைச் சேர்ந்த F. J. கெர் என்பவரும் J. V. ஹைண்ட்மான் என்பவரும் (F. J. Kerr and J. V. Hyndman) இந்த இரண்டு மேகங்களும், ஓர் இரட்டை விண்மீன் தொகுதியைச் சேர்ந்த இரண்டு விண் மீன்கள் ஒன்றை ஒன்று சுற்றி வருவதுபோல், ஒன்றை ஒன்று சுற்றிவருகின்றன என்று கண்டுபிடித்திருக்கின்றனர்கள். இதைப் புதியதொரு ரேடியோ வானநூல் (radio-astronomy) முறைப் படி கண்டுபிடித்திருக்கின்றனர்கள். இதைப்பற்றிப் பின் ஒரு அத்தி யாயத்தில் காண்போம்.

மெகல்லனிக் மேகங்கள் வானநூலில் ஒரு சிறந்த இடத்தை உடையவையாகும். இவை சாதாரண விண்மீன்களைத் தவிர ஒரு முறையற்ற அமைப்புகளையும் பெரும்பாலாக உடையவையாகும். இவ்வாறு முறையற்ற அமைப்புகள் நம் அண்டத்திலிருந்தால் இவைகளின் தொலைவு பற்றிய சரியான தகவல் ஒன்றும் இல்லாத தால் இவைகளை ஆராய்வது கடினம். ஆனால், மெகல்லனிக் மேகங் களில் உள்ள எல்லா விண்மீன்களின் தொலைவுகளும் R R லைரீ விண் மீன்களின் மூலம் நன்றாகத் தெரிந்ததினால் (தொலைவுகளுடன் ஒப்பிடும் பொழுது இம் மேகங்களைச் சிறியதாகக் கருதலாம். ஆகை யினால், இம் மேகங்களின் எல்லாப் பகுதிகளும் ஒரே தொலைவில் உள்ளதாகக் கருதுவது பெருமளவு நியாயமானதாகும்.) ஆராய்ச் சிக்கு எளிதாக இருக்கும். இது முக்கியமானதாகும். இதைப் பற்றிப் பின்பு அநேக முறை குறிப்பிட நேரும். இந்த ஆராய்ச்சி ராட்கிளிஃப் (Radcliff) வானூராய்ச்சிநிலையம், மற்றும் பிரட்டோ

ரியா (Pretoria) இன்னும் காமன்வெல்த் ஆராய்ச்சிக் கூடமாகிய (Commonwealth Observatory) மௌன்ட் ஸ்ட்ரோம்லோ (Mt. Stromlo) ஆகிய இடங்களில் நடத்தப்பட்டு வருகின்றது. மெகலனிக் மேகங்களை முனைப்பாக ஆராய்வதினால் வானநூலில் அடுத்த பத்தாண்டுகளில் அநேக முன்னேற்றங்கள் ஏற்படும் என்று சொல்லலாம்.

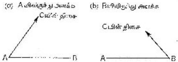
அளவாய்வு முறையில் தொலைவுகளை அளவிடுதல் (Distance-measurements by the surveying method)

தொலைவுகளைக் கணக்கிட வானநூல் அறிஞர்கள் பல முறைகளைக் கையாளுகின்றனர் என்று இந்த அத்தியாயத் தொடக்கத்தில் கூறப்பட்டது. இவற்றில் இதுவரை ஒரு முறையைப் பற்றித் தான் கவனித்தோம். இப்பொழுது இரண்டாவதான ஒரு முறையைப் பற்றிக் கூறுவது பொருத்தமாக இருக்கும். முதலில் கூறப்பட்ட வானத் தொலைவுகளை ஆராயும் முறை கொள்கைவகையில் ஒரு நில அளவாயர் (surveyor) கையாளும் முறையைப் போலாகும். இது படம் 27-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. A யும் B யும் தெரிந்த இரு புள்ளிகளாகவும் AB என்பது கொடுக்கப்பட்ட ஒரு கோடாகவும் கருத வேண்டும். C என்ற புள்ளியின் தொலைவை நிர்ணயிப்பதாக வைப்போம். C யை A யிலிருந்தும், B-யிலிருந்தும் காண்பதே நம் முறையாகும். முதல் காட்சியறிவு AB என்ற கோட்டிலிருந்து AC என்ற கோட்டின் சாய்மானத்தை (scope) க் கொடுக்கின்றது. 28 ஆம் படத்தில் (a) என்ற பிரிவில் உள்ளபடி இரண்டாம் காட்சி BC என்ற கோட்டின் சாய்மானத்தைக் கொடுக்கின்றது. படம் 28-ல் (b) என்ற பிரிவில் உள்ளபடி இந்த இரண்டு திசைகளும் A யிலிருந்து உள்ள திசையும், B யிலிருந்து உள்ள திசையும், சேருமிடம் C என்ற புள்ளியாகும். C என்ற புள்ளி அணுகமுடியாத ஓர் இடமாக இருக்கும் பொழுது உதாரணமாக ஒரு மலையின் உச்சி என்று வைத்துக்கொள்ளலாம்—நில ஆய்வாளர் இம்முறையைக் கையாளுகிறார். C என்ற புள்ளி அணுகமுடியாத, தொலைவிலுள்ள ஒரு வானப் பொருளாக இருக்கும் பொழுது, வானியல் அறிஞரும் இதே முறையைக் கையாளுகிறார்.

படம் 27.

நில ஆய்வு முறையின் சிறப்பு யாதெனில் A யும் B யும் நாம் நெருங்கக்கூடிய இடங்களாக இருக்க வேண்டும். AB என்ற தூரம்

நமக்குத் தெரிந்ததாக இருக்கவேண்டும். இந்தக் கட்டுப்பாடு நிறைவேற A, B என்ற பூமியின் மேற்புறத்தில் உள்ள இரு புள்ளிகள் என்று வைத்துக்கொள்ளலாம். அதாவது, இரண்டு ஆராய்ச்சி நிலையங்களாக வைத்துக் கொள்ளலாம். இந்த



படம் 28.

இரண்டு நிலையங்களிலிருந்தும் ஒரே சமயத்தில் C என்ற புள்ளியின் திசைகளைக் கணக்கிட்டறிய வேண்டும். இந்த முறையில் தான் நேரக் குறுக்கத்திலுள்ள தொலைவுகள் ஆராயப்படுகின்றன. அத்தியாயம் 5-ல் ஆரம்பத்திலிருந்து கோள்களுக்குள்ள தொலைவுகள் இந்த முறையின்றான் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

இவ் ஆய்வு முறையில் ஒரு முக்கியக் குறைபாடு இருக்கிறது. A யிலிருந்தும், B யிலிருந்தும் நாம் கண்டறியும் திசைகளை வேறுபடுத்தி அறியவேண்டும். இந்த இரண்டு திசைகளும் கிட்டத்தட்ட ஒரே திசையாக இருந்தால், C மிகவும் தொலைவில் இருக்கும் பொழுது இவ்வாறாகும். இதைப் படம் 29-ல் காணலாம். அப்பொழுது இந்த முறை பயனற்றதாகும். இது வானநூல் ஆராய்ச்சியில் மிகவும் கேடானதாகும் (serious) ஏனென்றால், இங்கு

படம் 29.

நாம் அளக்கும் தொலைவுகள் A க்கும் B க்கும் உள்ள தூரத்தைக் காட்டிலும் எப்பொழுதும் மிகவும் அதிகமாகவே இருக்கும். ABC என்ற முக்கோணம் மிகவும் நீண்டிருக்கும், படம் 29-ல் உள்ள அளவைக் காட்டிலும், இன்னும் அதிகமாகவே இருக்கும். இந்த இரண்டு காரியங்களைச் செய்ய வேண்டும். முதலாவதாகத் திசை

களை மிகவும் சரியானபடி அளப்பது. அப்படி அளந்தால் தான் A யிலிருந்து காணப்படும் திசையும், B யிலிருந்து காணப்படும் திசையும் ஒன்றுக்கொன்று எவ்வளவு நெருங்கியிருந்தாலும் இவைகளைத் தனியாக அறியமுடியும். வான ஆராய்ச்சிக்கான அளவு முறைகள் மிகவும் சரிநுட்பமானவை யாகையால் வட்டப்பகுதியாவில் கோண நொடி (seconds of arc) முப்பதில் ஒரு பங்கு இருந்தால்கூடத் திசைமாற்றங்களைக் கண்டறியலாம். இதைவிடக் குறைந்த அளவு திசைகளில் வித்தியாசம் ஏற்பட்டால் எவ்வளவு உயர்ந்த அளவுமுறையாயினும் திசைகளைக் கண்டறிவது கடினமாகும்.

A யிலிருந்து B க்கு உள்ள தொலைவை எவ்வளவு அதிகப்படுத்துகிறோமோ அவ்வளவு சிறந்ததாகும். AB எவ்வளவு அதிக

படம் 30.

மாக உள்ளதோ C யின் திசைகளில் இதற்குத் தகுந்தபடி அதிக மாற்றம் இருக்கும். இதைப் படம் 29, படம் 30 இவைகளில் கொடுக்கப்பட்ட முக்கோணங்களை ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் அறியலாம். A யும் B யும் உண்மையாகவே நாம் அடையக் கூடிய புள்ளிகளானால் AB என்ற தொலைவை எவ்வளவு அதிகமாக்கலாம்? கோணத்தை அளவிடுவதற்காகத்தான் இந்த ஆய்வுக்கேள்வி. கோள்களின் தொலைவுகளை அளவிடப் புவியின் இரண்டு எதிர்ப் புறத்திலும் இரண்டு புள்ளிகளை எடுத்துக்கொள்வது போல் இங்கும் எடுத்துக் கொள்ளலாமா? இது மிகவும் அருகாமையில் உள்ள ஒரு விண்மீனின் தொலைவை அளவிடுவதற்குக்கூடப் பயன் படாது. நாம் அடையக் கூடிய பகுதிகளில் இப்பகுதிகள் இரண்டிற்கும் இடையே உள்ள தூரம் மிகப் பெரியதல்லவா? இல்லை என்பதே இதற்குத் தகுந்த விடையாகும்! A யும் B யும் புவியின் சுற்றுப்பாதையின் விட்டத்தின் இரண்டு முனைகள் என்று எடுத்துக் கொண்டால் இந்தத் தொலைவு இன்னும் அதிகமாக்கப்படும். இந்த அதிகரிப்பு AB என்ற தொலைவில் 20,000 மடங்கு ஆகும். புவி ஞாயிற்றைச் சுற்றிவருவதால் ஆண்டிற்கு ஒரு முறை A யையும் B யையும் அடைவது சாத்தியமாகும். 6 மாதத்திற்கு ஒரு முறை A யிலிருந்து C யின் திசையையும் B யிலிருந்து C யின் திசை

மையும், மறுபடியும் A யிலிருந்து இந்தத் திசையையும் மாற்றி மாற்றிக் கண்டுபிடித்து இதிலிருந்து அருகாமையில் உள்ள ஒரு விண்மீனின் தொலைவை அளந்து விடலாம். இத் தொலைவுகள் 10 பார்செக்ஸ்வரை மிகவும் நம்பிக்கை தரக்கூடியதாகவும், 100 பார்செக்ஸ் வரை இன்னும் நம்பிக்கைக்குக் குறைவாகவும், 100 பார்செக்ஸுக்குமேல் இவ் ஆய்வு முறையின் அளவீடு முறையாகாத தாகவும் இருக்கும். ஆகையினால் இவ் ஆய்வுமுறை ஞாயிற்றின் அண்மையில் உள்ள விண்மீன்களின் தொலைவுகளை மிகவும் சரியானபடி கொடுக்கும். ஆனால், ஞாயிற்றிற்கு அப்பால் தொலைவாக உள்ள விண்மீன்களின் தொலைவுகளைக் கண்டுபிடிக்க இது பயனற்றதாகும். மிகத் தொலைவான உள்ளவைகளை ஆராய்வதற்கு முகப்பு விளக்கு முறையைக் கையாள வேண்டும்.

வெளிச்சமான முகப்பு விளக்குகள் (Brighter headlights)

உண்மையாகவே அதிகத் தொலைவுகளை ஆராயும்பொழுது R R லைரி விண்மீன்கள் தொலைவுகாட்டிகளைப் பயன்படுத்தினால், R R லைரி விண்மீன்களை 200,000 பார்செக்ஸ் வரைதான் பயன் படுத்தலாம், இதற்கும் அப்பால் பயன்படுத்துவது இயலாது. ஆண்ட்ரோமீடாவின் M_{31} என்ற பெரிய அண்டத்தின் தொலைவான 450,000 பார்செக்ஸ் தொலைவை அளக்கப் பயன்படாது. இந்தத் தொலைவுகளை அளக்க வேண்டுமானால் முகப்பு விளக்கு முறையை விரிவாக்க வேண்டும்.

R R லைரி விண்மீன்களை இன்னும் வெளிச்சமாக இருக்கும் ஒருவகை விண்மீன்களினால் ஈடுசெய்ய வேண்டும். மிகவும் எளிதாகக் கண்டுபிடிக்கக்கூடிய தன்மையை உடையதாகவும் நமக்குத் தெரிந்த இயல்பான வெளிச்சத்தை உடையதாகவும் உள்ள ஒரு விண்மீன் இதற்குப் பொருத்தமாக இருக்கும். இந்தக் கட்டுப்பாடுகளுக்கு உட்பட்டிருக்கும் அதேவகை விண்மீன்களைப் பின்பு வரும் ஆராய்ச்சிகளில் காண்போம். நல்லபடியாக அறியக்கூடிய தாக இருக்கும் வகையில் இரண்டு வகை R R லைரி விண்மீன்களைப் போல் 1,000 மடங்குக்கு மேலான இயல்பு வெளிச்சத்தை உடை யனவாகும் (ஞாயிற்றைப் போல் 100,000 மடங்குகள் வெளிச்ச மானதாகும்). இந்த விண்மீன்களை 10 மில்லியன் பார்செக்ஸ்வரை உள்ள தொலைவுகளைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படுத்தலாம்.

இந்தத் தொலைவுகளின் முக்கியத்துவத்தை ஆராய்வதற்கு முன்பு, எப்படி ஒரு விண்மீன் R R லைரி விண்மீன்களைப் போல 1,000 மடங்கு இயல்பான வெளிச்சத்தை உடையதாகும் என்பதை அறிவோமா? இதைத் தீர்மானிக்க வேண்டுமானால், நம்மிட

யிருந்து ஒரே தொலைவிலிருக்கும்படியாகவும், R R லீரீ விண்மீன் களும், குறிப்பிட்ட ஒரு விண்மீனும் எளிதில் காணப்படுவதாயி ரும் உள்ள ஒரு விண்மீன் தொகுதியைக் கண்டறிய வேண்டும். இதிலிருந்து ஒரு நேரிடை ஒப்பீட்டின் மூலம் நூற்றுமைய நவீடப் பட்ட விண்மீன் எவ்வளவு அந்த ஒளிச்சத்தை உடையதாகும் என்பதைக் கண்டறியலாம். இந்தமாதிரியான ஆராய்ச்சிகளுக்கு கோளவடிவக் கொத்துகள் சிறந்தவையாகும். இவை R R லீரீ விண்மீன் களைக் கண்டறிவதற்கு ஏற்றவாறு அருகாமையில் இருப்பதோடு நட்சத்திரத் தெரிந்த எல்லாவகை விண்மீன்களையும் உடையதாக இருக்கின்றன. இவை புவியின் தென் பகுதியிலிருந்துதான் காணப்படுவதால், இந்த ஆராய்ச்சி அங்கமாக நடத்தப்படவில்லை. மெல்போர்னிலேயே வான நூல் அறிஞர்கள் தென் பகுதியிலிருந்து இன்னும் விடாமுயற்சியுடன் இவ்வாராய்ச்சியை நடத்தி வரு கிறார்கள். எதிர்காலத்தில் கோளவடிவக் கொத்துகள் இன்னும் அதிக மாகப் பயன்படுத்தப்படும் என்பதில் ஐயமில்லை. இவை வான மாறுபடு விண்மீன்களின் வெவ்வேறு வகைகளைப் பிரித்து மதிப்பிட்டு வைக்க ஒரு சிறந்த சாதனமாக உதவும்.

நாம் முன்பு கூறியபடி இதுவரை கண்டுபிடிக்கப் பட்டதில் மிகவும் வெளிச்சம் பொருந்தியதான மாறுபடு விண்மீன் 10 மில்லி யன் பார்செக்ஸ் வரை உள்ள தொலைவைக் கண்டுபிடிக்க உதவும் என்பதை முன்பு ஆராய்ந்தோம். புது விண்மீனும், மிக நூறு மாறுபடு வகையோடும் விண்மீன்களும் இவ்வாறு உள்ளன என்றும் உண்மையான நிலவரத்தைப் பின்வரும் அத்தியாயங்களில் காண் போம். 450,000 பார்செக்ஸ் தொலைவில் உள்ள பெரிய நெபுலாவான M_{31} (படம் XXI) என்பது நாம் ஆராயக்கூடிய எல்லையில் உள்ளது ஆகும். M_{31} நெபுலாவின் தொலைவை அளக்க R R லீரீ விண்மீன்களை விட அதிக ஒளி பொருந்திய மாறுபடு விண்மீன் கூட தேவையாகும் என்றாலும், மிக வெளிச்சமான தொன்று வேண்டுமென்பது இல்லை.

M_{31} நெபுலாவிற்கு அப்பால் மிகவும் வெளிச்சமான விண் மீன்களோ மாறுபடு விண்மீன்களைக் கொண்டு தொலைவை அளக்கக் கூடிய அண்டங்கள் ஏறக்குறைய 1,000 உள்ளன. இதுவரை சிலவற்றின் தொலைவுகளே கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. மிகவும் அழகிய அண்டமான M_{81} (படம் XXIV-ல் காட்டப்பட்டிருக்கிறது) இந்த வகையைச் சேர்ந்தது. A. R. சான்டேஜ் (A.R. Sandage) என்பவரால் சமீபத் தில் நடத்தப்பட்ட ஆராய்ச்சியின்படி இதன் தொலைவு 2,500,000 பார்செக்ஸாகும்.

போகப் போகப் படம் XXVI-ல் (பட்டியல் பெயர் N. G. C. 4594) காட்டப்பட்டிருக்கும் இவ்வகை அண்டங்களின் தொலைவுகளை அளக்க இயலவேண்டும். இந்தக் குறிப்பிட்ட அண்டத்தின் தொலைவு கிட்டத்தட்ட 10 மில்லியன் பார்செக்குகளாகும். இந்த அண்டம் தன்னுடைய உட்பிரிக்கும் நடுப்பகுதியை உடையதாகும். தாரகைகளை உடைய மேகங்கள் ஒரு கரும்பட்டையாகக் காணப்படுகிறது. இது நம் அண்டத்தில் உள்ள 'மூடுபனிக்கு' இணையாகும். இவ்வண்டத்திற்கு வெளிப்புறமாக, நடுப்பகுதியைச் சுற்றி அந்தச் சுற்றமான (symmetrically) பொருள் கூட்டங்கள் காணப்படுவது நம் கவனத்துக்குரிய மூன்றாவது உண்மையாகும். இவை நம் அண்டத்தின் முன்பகுதிக்கான விண்மீன்களல்ல. இவை N. G. C. 4594-ஐச் சேர்ந்த உருண்டைக் கொத்துக்களைக் கொண்ட ஒரு கூட்டமாகும். N. G. C. 4594 மிகவும் தொலைவில் உள்ளதாகும். ஆகையினால் ஓர் உருண்டைக் கொத்தில் உள்ள பரந்த விண்மீன் வரிசைகளாலும், மிகவும் மங்கலான ஒளியையே காட்டுகின்றன (நம் அண்டத்திலுள்ள ஓர் உருண்டைக் கொத்தைக் காணப் படம் XVIII-ஐப் பார்க்கவும்). பல உருண்டைக் கொத்துக்களைக் கொண்ட மற்றொரு அண்டம் படம் XXVII-ல் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. (பட்டியல் பெயர் $M_{??}$).

கடைசியாகக் கொடுக்கப்பட்ட XXVI, XVII ஆகிய இரண்டு படங்களையும் ஆராய்ந்தால் ஒரு தனிப்பட்ட விண்மீனைவிட ஒரு விண்மீன் கூட்டம் ஒன்றை ஒப்பு விளக்காக எடுத்துக் கொள்ளலாம் என்று தோன்றுகிறது. நம்பிக்கை தரக்கூடிய நிலை யாதெனில், தனிப்பட்ட ஒரு R R லைரி விண்மீனைப் போல், 10,000 மடங்குகள் ஒளி பொருந்திய ஒரு முழு உருண்டைக் கொத்தை எடுத்துக் கொள்வதாகும். இந்தச் சாதனைக்குரிய நிலையை தற்போது முழுமையாகப் பரிசீலனை செய்து வருகிறார்கள். உருண்டைக் கொத்துக்கள் எல்லாவற்றிலும் இயல்பான வெளிச்சத்தையும் பலவற்றின்படி மதிப்பிட்டு வைப்பதில் இடர்ப்பாடுகள் ஏற்படுகின்றன (படங்கள் XXVI, XXVII இவைகளைப் பார்த்தால் R R லைரி விண்மீன்களைப் போல் உருண்டைக் கொத்துக்கள் எல்லாம் ஒரே இயல்பு வெளிச்ச அளவை உடையதாக இருக்கிறது என்பது தெளிவாகத் தெரியும்). இப்பொழுது மௌண்ட் வில்ஸனிலும் (Mt. Wilson) மற்றும் பலோமர் என்ற வான ஆராய்ச்சி நிலையத்திலும், லிக் (Lick) ஆராய்ச்சி நிலையத்தில் N. V. மேயால் (N. V. Mayall) என்பவராலும் நடத்தப்படும் ஆராய்ச்சியிலிருந்து அநேக உருண்டைக் கொத்துக்கள் தொலைகாட்டிகளாகப் பயன்படுத்த உதவும் என்று எதிர்பார்க்கலாம்.

உருண்டைக் கொத்துக்கள்கூட வான நூல் அறிஞர்கள் விரும்பும் தொலைவுகளை முற்றிலும் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படாமற் போகும். இந்த 'முடிவான' தொலைவுகள் வானவெளியில் 1,000 மில்லியன் பார்செக்ஸ் வரை இருக்கலாம்—ஞாயிற்றிலிருந்து புவியின் தொலைவு ஒரு பார்செக்ஸில் இரு நூறாயிரத்தில் ஒரு பகுதியாகும் என்பதை ஒப்புமையாகக் கவனிக்கவேண்டும். இது மிகவும் அதிகமாக இருப்பதால், ஞாயிற்றின் ஒளியைவிடப் பத்தாயிரம் மில்லியன் மடங்கு அதிக வெளிச்சமுடைய ஒளியை வெளிவிடும் ஒரு மூலப் பொருளையே நாம் ஒரு மூல முகப்பு விளக்காகக் கொள்ளலாம். இந்த மூலப் பொருளை எப்படிக் கண்டுபிடிப்பது என்ற பிரச்சினையைப் பின்னே வரும் ஓர் அத்தியாயத்தில் எடுத்துக் கொள்வோம்.

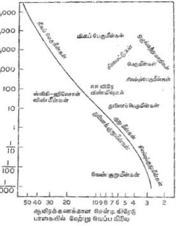
11. குறுமீன்களும் பெருமீன்களும்
(Dwarfs and Giants)

விண்மீன்களைப் பற்றிப் பொதுச் செய்திகள் (The Stars in general)

படம் 17-ல் காட்டப்பட்டுள்ள பகுமுறை வளர்ச்சி வரிசை ஒப்பிடக் கூடிய அளவில் எளிதாகவிருப்பது ஏனென்றால், இதில் குறிக்கப்பட்டுள்ள விண்மீன்கள் ஒரே தொகுதியைச் சேர்ந்தனவாகும். ஆகையினால், ஒரே மூலப்பொருளிலிருந்து உண்டானவைகளாக இருக்கலாம். ஆனால், பால் மண்டலத்திலுள்ள எல்லா விண்மீன்களையும் எடுத்துக் கொள்ளும் பொழுது சிக்கலான ஒரு நிலை ஏற்படுகிறது. ஏனென்றால், உருண்டைத் தொகுதிகளின் ஒரு நிலை மாற்றத்திற்குப் பதில்—ஒரு விண்மீனிலிருந்து மற்றொரு விண்மீனிற்குள்ள பொருண்மை வித்தியாசம் இப்பொழுது குறைந்தது மூன்று மாறுதல்கள் இருக்கலாம்: பொருண்மை வித்தியாசம், வயது வித்தியாசம், ஆரம்ப கூட்டமைப்பின் வித்தியாசம் இவற்றோடு சில வான நூல் அறிஞர்கள் சுழற்சியின் வித்தியாசத்தையும் சேர்ப்பார்கள். ஆனால், இது முக்கியமானது என்பது இன்னும் தெரியவில்லை.

அத்தியாயம் எட்டில் ஞாயிற்றின் காலத்திலேயே உள்ள பால் மண்டலத்தில் இருக்கும் விண்மீன்களின், ஆரம்பக் கூட்டமைப்பைப் பற்றிய முறையில் கொடுத்தோம். கூட்டமைப்பின் இதை விட முக்கியமான மாறுபாட்டை உடைய விண்மீன்கள் எப்பொழுதாவது உண்டாக்கப்பட்டனவா? உண்டு என்பது சரி; ஏனென்றால், அண்டத்தில் முதல் முதலில் குளிர்ந்த விண்மீன்கள் குறைந்த உலோகத் திரட்டை உடையனவாகும். இது வியக்கத்தக்கதாகும். ஏனென்றால், இளமையாக இருக்கும் ஒரு விண்மீனின் உலோகத்திரட்டு ஊடகவெளியில் ஒரு தேக்கத்திற்குள் குறைவானதாகும். முதிர்ந்த ஒரு விண்மீனின் உலோகத்திரட்டுடன் ஒப்பிட.

இதை விட இன்னும் குறைவாகும். ஆனால், உலோக அணுக்கள் ஒரு விண்மீனின் மேற்புறச் சமநிலையில் ஒரு ஏமாற்றம் தரக்கூடிய முக்கியத்துவம் உடையனவாக இருக்கலாம். ஒளிக்கோச அடுக்குக்களில் ஆற்றல் கதிரியக்க மூலமாகத்தான் பாயவேண்டும் என்பதை நினைவு படுத்திக் கொள்ளவேண்டும். ஒளிக் கோச வெப்ப



படம் 81. பலவகை விண்மீன்கள்

நிலைகள் 5000°C-க்குக் குறைவாக உள்ள விண்மீன்களில் — H–R படத்தில் ஞாயிற்றுக்கு வலப்புறமாக உள்ள விண்மீன்கள் — உலோக அணுக்கள் ஒளிக்கோச ஆற்றல் பெருக்கைக் கட்டுப்படுத்த மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவைகளாக இருக்கும். ஆற்றல் பெருக்கானது குறைந்த அளவிலிருந்தாலும் இது உண்மையே.

மூன்று விதங்களில் மாறுதல்கள் ஏற்படக்கூடு மாகையினால், பால்மண்டலத்தில் உள்ள விண்மீன்கள் H-R படத்தில் மிகவும்

பரவலாக இருக்கின்றன. இந்தப் படத்தில் அவை இருக்கும் இடத்தைப் பொறுத்து அவைகளுக்கு அழகான பெயர்கள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. நீலப் பெருமீன்கள் (blue giants) குறுமீன்கள் (dwarfs), சிவப்புக் குறுமீன்கள் (red dwarfs) துணைக்குறு மீன்கள் (sub-dwarfs), வெள்ளைக் குறுமீன்கள் (white dwarfs), பெருமீன்கள் (giants), துணைப் பெருமீன்கள் (sub-giants), சிவப்புப் பெருமீன்கள் (red giants), சிறப்புடைய பெருமீன்கள் (super giants). இந்தப் படத்தில் சில குறிப்பிட்ட பகுதிகளில் ஊசலாடும் விண்மீன்கள் உள்ளன. R R லைரீ விண்மீன்கள், செஃபைடுகள் (Cepheids), மற்றும் தாறுமாறான மாறிகள் (irregular variables). இதைப் படம் 31-ல் காணலாம்.

விண்மீன்கள் சுருங்கும்பொழுது முக்கிய வரிசையின் மேலோ அல்லது அவைகளுக்கு அருகாமையிலேயோ இருக்கின்றன. அவைகளின் இடநிலை பொருண்மைகளுக்குத் தகுந்தவாறு இருக்கும். அதிகப் பொருண்மைகளுடையவை முக்கிய வரிசையில் உயர்ந்த பகுதிகளில், நீலப் பெருமீன்கள் உள்ள பகுதிகளில் இருக்கும். குறைந்த பொருண்மையுடைய விண்மீன்கள் முக்கிய வரிசையில் கீழேயும் அதாவது சிவப்புக் குறுமீன்களாக சூரியனைப் போல் சாதாரணக் குறுமீன்களாக இருக்கும். வானநூல் அறிஞரின் முக்கியப் பொறுப்பு யாதெனில், விண்மீன்கள் முக்கிய வரிசையை விட்டுச் செல்லச் செல்ல எப்படி அமைகின்றன என்பதை அதாவது, படத்தின் பல பகுதிகளில் எப்படி அமைக்கப்படுகின்றன என்பதை—விளக்குவதேயாகும்.

அதன் வளர்ச்சியில் ஒரு விண்மீன் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு மாறும். உதாரணமாக உருண்டைக் கொத்துக்கள் படம் 15-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பாதையில் வளர்ச்சி அடையும். இவை முக்கிய வரிசையில் குறுமீன்கள் இருக்கும் பகுதிகளில் தொடங்கி, துணைப் பெருமீன்கள் உள்ள பகுதிக்குச் சென்று, இங்கிருந்து பெருமீன்கள் உள்ள பகுதிக்குச் சென்றும், படம் 15-ல் உள்ள C என்ற புள்ளியை அடைந்தவுடன் ஒரு திருப்பத்தை அடைந்து விண்மீன்கள் கீழே இறங்கி இடது புறமாகச் சென்று R R லைரீ விண்மீன்கள் உள்ள பகுதியை அடையும். இதற்குப் பிறகு இன்னும் இடதுபுறமாகச் சென்று ஸ்விக்கி-ஹூமாசனின் (Zwicky-Humason) நீல விண்மீன்கள் உள்ள பகுதியை அடையும். கடைசிக் கட்டத்தில் (படிமுறை வளர்ச்சியில்) விண்மீன்கள் கீழ்ப்புறமாகச் சென்று வெள்ளைக் குறுமீன்கள் உள்ள பகுதியை அடையும்.

முதலில் முக்கிய வரிசையில் குறுமீன்களுக்கு மேலே உள்ள ஒரு விண்மீன் பொதுவாகப் படம் 15-ல் கொடுக்கப்பட்ட படிமுறை வளர்ச்சிப் பாதையில் அமையும். ஆனால், ஆரம்பப் புள்ளியைப் பொறுத்து படத்தில் சற்று உயரே தூக்கிக் காட்டப்படும். இவை சிறப்புடைய பெருமீன்கள் உள்ள பகுதிகளில் வளர்ச்சி அடையும். ஆகையினால், படத்தின் மேற்பகுதிகள் எவ்வாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன என்பதை அறிவது எளிது. ஆனால், இதன் விவரங்களை விளக்குவது அவ்வளவு எளிதல்ல என்பதைப் பின்பு காண்போம்.

படத்தில் முக்கிய வரிசையில் ஞாயிற்றைவிட முதன் முதலில் கீழே உள்ள ஒரு விண்மீன் அதன் வளர்ச்சிக்கான போதிய காலம் இருந்தால், துணைப் பெருமீன்களுக்கு வலது புறமாகவும் சிவப்புப் பெருமீன்களுக்குக் கீழ்ப் புறமாகவும் உள்ள பகுதியில் அமையும். ஆனால், அண்டம் இவ்வாறு ஏற்படுவதற்குப் போதிய முதிர்ச்சியை அடையவில்லை. ஆகையினால், படத்தில் இந்தப் பகுதிகள் கைப்பற்றப்படாமலே இருக்கும் (காலியாகவே இருக்கும்). இது காட்சி ஆய்வு மூலம் கண்டறிந்த உண்மைக்கு ஒத்திருக்கின்றது.

படிமுறை வளர்ச்சிக்குரிய காலத்தைப் பற்றி ஒரு குறிப்புத் தருவோம். முக்கிய வரிசையில் கிட்டத்தட்ட அடியில் இருக்கும் பகுதிகளில் விண்மீன்கள் குறிப்பிடத்தக்க வகையில் வளர்ச்சி அடைய—அதாவது சிவப்பு குறுமீன்கள் உண்டாக்குவதற்கு வேண்டிய காலம், 1,000,000,000,000 ஆண்டுகள் ஆகும். இதை ஞாயிற்றுக்கு வேண்டிய 10,000 மில்லியன் ஆண்டுகளோடும் சீரியஸ் போன்ற விண்மீன்களுக்கான 1,000 மில்லியன் ஆண்டுகளோடும் முக்கிய வரிசையில் மிக உயரே உள்ள விண்மீன்களுக்கான 10 மில்லியன் ஆண்டுகளோடும் ஒப்பிட்டுப் பார்க்க வேண்டும்.

ஞாயிற்றின் அருகாமையிலுள்ள விண்மீன்கள் (The stars of the solar neighbourhood)

ஞாயிறும் மற்றக் கோள்களும் அண்டத்தைச் சுற்றிப் பெரிய வட்டப் பாதைகளில் மணிக்கு அரை மில்லியன் மைல்கள் வேகத்தில் இயங்குகின்றன. இந்த இயக்கம் மற்ற விண்மீன்களைக் கடந்தும் சில சமயங்களில் பால் மண்டலத்தில் உள்ள வாயு மேகங்களைக் கடந்தும் செல்லுகின்றது, வான வெளிப் பயணத்தைப் பற்றிப் புதுமைத்திறன் வாய்ந்த கருத்துக்களை உடையவர்கள் இவ்வாறு விண்மீன்களிடையே இயங்கும் நிலையைப்பற்றி மிகவும் விரிவாகப் பேசுவார்கள். ஏனென்றால், அண்டத்தில் இவ்விடங்

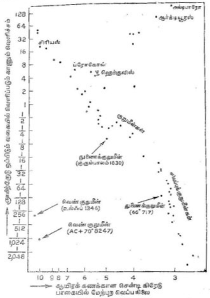
களில் விண்மீன்களுக்கிடையே எளிதாகப் பயணம் செய்யக்கூடிய நாள்வரும்வரை, எப்பொழுதும் இதைக்காண செய்யமுடியாது.

நாம் இப்பொழுது இயங்கிச் செல்லும் விண்மீன்களின் அமைப்பு படம் 32-ல் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றது. அருகாமையி லுள்ள விண்மீன்கள், படத்தில் ஒரு சிறிய பகுதியையே பெற்றுள் ளன. முக்கிய வரிசை வெளிச்ச அளவில் சூரியனைவிட 50 மடங்கு வரை உடையதாகும். ஆனால், முக்கிய வரிசையிலுள்ள அதிக விண்மீன்கள் சூரியனுக்குக் கீழேயே அமைந்துள்ளன. முக்கிய வரிசை விண்மீன்களோடு இரண்டு வெள்ளைக் குறுமீன் களும் (வான் மானன் பெயர்கொண்ட எண் 1346, AC+70° 8247) மற்றும் இரண்டு துணைக்குறு மீன்களும் (குரும்பிரிட்ஜ் 1830, மற்றும் 66°717) மேலும் அதிக துணைப் பெருமீன்களும் ஆர்க்டுரஸ் (Arcturus), ஆல்டிபாரன் (Aldebaran) ஆகிய பிரசித்தமான விண்மீன்களைக் கொண்ட கிளைப் பெருமீன்கள் வகைகளும் உள்ளன.

நீலப் பெரு மீன்கள், சிறப்புடைய பெரு மீன்கள் ஆகிய மிகவும் வெளிச்சமுடைய விண்மீன்கள் காணப்படாதது ஏனென்றால், இவ்வாறான அதிக வெளிச்சமுடைய விண்மீன்கள் இருப்பது அரிதாகும். நம்மருகே தற்போது இவ்வாறான ஒரு விண் மீன் கூட இல்லை. படம் 32-ல் குறிக்கப்பட்டுள்ள விண்மீன்க ளெல்லாம் சாதாரண விண்மீன்களேயாகும். நீலப் பெரு மீன் களைப்போல் வெளிச்சமுடையதாக இல்லாவிட்டாலும் சாதாரண விண்மீன்களைக் காட்டிலும் அதிக வெளிச்சமுடையதாகும்.

வானத்தில் அருகாமையிலுள்ள விண்மீன்களின் இட அமைப் பில் எவ்விதச் சிறப்புத்தன்மையும் கிடையாது. இது பண்டைக் காலத்துச் சோதிடர்களால் உணரப்படவில்லை. அவர்கள் மனித அனுபவங்களை விண்மீன்களின் இட நிலைகளுக்கு ஒப்பிட்டார்கள். விண்மீன் கூட்டங்களை விலங்குகளுக்கும் மக்களுக்கும் இணையாகக் கொண்டனர். வானத்தில் ஒரு பகுதியிலுள்ள விண்மீன்கள் டிரேகோ என்ற டிராகனாகவும் (Draco the dragon), இன்னொரு கூட்டம் லியோ என்ற சிங்கமாகவும் (Leo the lion), மீனம் என்ற மீன்கள் (Pisces the fishes) பெருங்கரடி மண்டலமாகவும் (Ursa Major the great bear) ஓரியன் என்ற வேட்டைக்காரனாகவும் (Orion the hunter), பழைய புராணத்திலுள்ள தலைவியான ஆன் டிரோமிடாவும், விர்கோ என்ற கன்னியும் (Virgo the virgin) இன்னும் மற்ற வேடிக்கையான பெயர்களாகவும் அமைந்தன. புதிதான இந்த அமைப்பு இணைப்புகள் விண்மீன் மண்டலங்கள் என்று அழைக்கப்பட்டன. தற்கால வான நூல் ஆராய்ச்சியிலும்

இந்தப் பெயர்களை அப்படியே வைத்துக் கொண்டிருக்கிறார்கள். இவைகளுக்குப் பௌதிக முக்கியத்துவம் ஒன்றும் இல்லாவிட்டா லும் இப்பெயர்கள் கவர்ச்சியாக இருப்பதனாலும் மற்றும் வானத்தி லுள்ள பல பகுதிகளை எளிதில் கண்டறியவும் பயன்படுவதனாலும்



படம் 92. அண்மையில் உள்ள விண்மீன்கள்

தேவைப்படுகின்றன. ஒரு விண்மீன் தொகுதி ட்ரேகோவில் இருக்கின்ற தென்றால் இவை சுமாராக வானத்தில் எங்குள்ளன என்பதை அறியலாம். நேரிடையாகக் கண்டறிவதற்கு இந்த

முறை மிகவும் சரியற்றதாகும்; இதைவிடச் சரியான முறைகள் தேவைப்படும். இவைகளில் வெவ்வேறு பட்டியல்கள் மூலம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. மெஸ்ஸியர் (Messier catalogue) பட்டியல் (இதை M என்று குறிப்பிடுவார்கள்) மற்றும் புதிய பொதுப் பட்டியல் (New General Catalogue) இதை N G C என்று குறிப்பிடுவார்கள். இன்னும் ஷேப்லி—ஏம்ஸ் (Shapley-Ames) மற்றும் ஹென்றி—டிரேப்பர் (Henry—Draper) பட்டியல் என்று நெபுலப் பொருள்களுக்கு பலவகையில் பெயர்கள் குறிப்பிடப் பட்டுள்ளன.

அருகிலுள்ள விண்மீன்கள் மிகவும் சாதாரணமானவைகளாக இருப்பதாலும் இவை சிக்கலான பிரச்சினைகளுக் குரியவையாகும். உதாரணமாக மங்கலான சிவப்புக் குறு மீன்களை எடுத்துக் கொள்ளலாம். விண்மீன்களின் கதிரியக்க வெளிப்பாட்டின் கணக்கீடுகள் கண்டறிந்த வெளிச்ச அளவில் முக்கிய வரிசையோடு முற்றிலும் ஒத்திருக்கின்றது, கீழே யுள்ள கோடிப் பகுதியைத் தவிர இந்தப் பகுதிகளில் உண்மையாக வெளிப்படும் கதிரியக்கம் 10 மடங்கு அளவில் குறைவாக இருக்கின்றது. இது அதிக வித்தியாசமாகும்.

இந்தச் சிக்கலுக்கு எவ்வாறு விடை அளிப்பது என்பது தெளிவாக இல்லை. மங்கலான சிவப்புக் குறுமீன்கள் ஏராளமான அளவில் ஹீலியத்தை உடையதாக இருந்தாலன்றிச் சில வியக்கத் தக்க உண்மைகள் கவனிக்கப்படாமல் இருக்கின்றன என்று கருதலாம்.

அத்தியாயம் 7-ல் ஞாயிற்றின் வெளி மண்டலத்தைப் பற்றி ஆராயும் பொழுது ஞாயிற்றின் தீக்கொழுந்துகளைப் பற்றிக் குறிப்பிட்டோம். இத்தீக்கொழுந்துகளே துகள்களின் தாரைகளை வெளிப்படுத்திப் புவிக் காந்தப் புலன்களையும் வடதுருவ விண்ணொளியையும் ஏற்படுத்துகின்றன. மற்றும் ஞாயிற்றிலிருந்து வெளிப்படுத்துகிறது. வெள்ளைக் குறுமீன்களிலும் தீக்கொழுந்துகள் ஏற்படுகின்றன. ஆனால், ஞாயிற்றின் தீக்கொழுந்துகள் எவ்வளவு பெரிதாயினும் அதன் கதிரியக்க அளவில் (சிறிய கால அளவில்) ஒரு சதவிகதத்திற்குமேல் மாறுதலைத் தருவதில்லை. ஆனால் வெள்ளைக் குறுமீன்களிலுள்ள தீக்கொழுந்துகள் அதிக மாறுதலைக் காட்டும். ஏனென்றால், இதில் சாதாரண வெளிப்பாடு ஞாயிற்றைக் காட்டிலும் மிகவும் குறைவாகும். இதனால்தான் ஒரு மங்கலான விண்மீனில் ஏற்படும் தீக்கொழுந்து முக்கியமானதாகவும் பார்ப்பதற்குரியனவாகவும் உள்ளன. ஞாயிற்றைவிட வெளிச்சமான விண்மீன்களின் தீக்கொழுந்துகள் பார்க்க முடியாதவையாகும்.

சிவப்புக் குறு மீனில் உள்ள ஒரு தீக்கொழுந்தைப் படம் XXVIII-ல் காணலாம்.

ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தில் முனைப்பான அமைப்பு முறைகள் அண்ட அளவில் ஏற்படுகின்றன. (அதாவது மிகப் பெரிய அளவில் ஏற்படுகின்றன)—நம்முடைய இடம் எந்த விதச் சிறப்பையும் உடையதாகாது என்பதற்கு இது ஒரு சான்றாகும்.

துணைக் குறு மீன்கள் மற்றொரு புதிராகும். முக்கிய வரிசையிலுள்ள சாதாரணக் குறு மீன்களைவிட எந்தவகையில் இவை மாறுபட்டவையாகும்? H-R படத்தில் இடநிலையில் மூன்றுவித மாறுபாடுகளுக்குரிய (அதாவது பொருண்மை, வயது, கூட்டமைப்பு காரணங்களில் பொருண்மை மாறுபாட்டினால் துணைக் குறு மீன்களின் பகுதியை நோக்கி இல்லாமல் முக்கிய வரிசையை நோக்கி இடப் பெயர்ச்சி ஏற்படும். வயது வித்தியாசம் யாதொரு நம்பிக்கையையும் தருவதற்கு இல்லை. வயது அதிகரிப்பினால் ஏற்படும் வளர்ச்சி விண்மீன்களை வளர்ச்சிப் பாதையில். மேற்புறமாக எடுத்துச் செல்லும், கீழ்ப்புறமாக உள்ள துணைக் குறு மீன்களின் பகுதியில் அல்ல. மீதி இருப்பது கூட்டமைப்பு வித்தியாசங்களேயாகும். ஒரு சாதாரண முக்கிய வரிசை குறுமீன்களுக்கும் துணைக் குறு மீன்களுக்கும் கூட்டமைப்பில் வித்தியாசம் இருக்கின்றது என்பது உண்மை. அதாவது துணைக் குறு மீன்களில் ஹைட்ரஜனும் (ஒரு வேளை ஹீலியமும்) குறைந்த அளவில் இருக்கின்றன. இந்தக் குறைவு ஒரு விண்மீனைத் துணைக் குறுமீன்களின் எல்லைக்கு எடுத்துச் செல்லும் ஆனால், காட்சி அளவிற்குத் தேவையான அளவில் இருக்காது![1]

இந்த மறுதளிப்பிற்குப் பிறகு நாம் திருப்திகரமாக அறிந்து கொள்ளக்கூடிய ஒரு பிரச்சினையை எடுத்துக் கொள்வோம். படம் 32-ல் உருண்டைக் கொத்துக்களைச் சேர்ந்த விண்மீன்களின் வளர்ச்சிப் பாதை முக்கிய வரிசையிலிருந்து எங்கே பிரிந்து செல்லுகின்றதோ (படம் 17 உடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும்) அதே இடத்தில் பிரியும் வளர்ச்சிப்பாதை ஒன்று இருப்பதற்குத் தெளிவான ஆதாரத்தைக் காணலாம். படம் 32-ல் உள்ள வளரும் விண்மீன்கள் உருண்டைக் கொத்து விண்மீன்களின்

[1] இந்த புத்தகம் அச்சகத்திற்கு அனுப்பப்படுவதற்கு முன் எனக்குச் சில கணக்கீடுகள் கிடைத்திருக்கின்றன. இவைகளிலிருந்து கூட்டமைப்பின் வித்தியாசங்கள் முன்பைவிட இப்பொழுது அதிக விளைவுகள் உண்டாக்குவதாகத் தோன்றுகிறது. ஆகையினால், இந்த அடிப்படை விளக்கம் சோர்வு மனப்பான்மையைக் குறிக்கும். துணைக் குறு மீன்கள் கூட்டமைப்பு மாறுபாடுகளினால் ஏற்படலாம் என்று இப்பொழுது தோன்றுகிறது.

பொருள்களைக்கொண்டே உடையனவாக இருக்க வேண்டும். 1·1 அல்லது 1·2 மடங்கு ஞாயிற்றைப் போன்ற பொருண்மை உடையவை; வயதும் கிட்டத்தட்ட அதேதான் — அதாவது சுமார் 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் எனலாம்.

ஆனால், விவரக் கூறுகளில் மாறுபாடுகள் உள்ளன. உருண்டைக் கொத்துகளின் வளர்ச்சி தொகுதியின் துணைப் பெரு மீன்கிளை விருந்து சாதாரணப் பெரு மீன்களாக வளர்ச்சி அடையும். ஆனால், படம் 32-ல் உள்ள தொகுதியின் துணைப் பெருமீன்கிளை விருந்து சிவப்புப் பெரு மீன்களாக வளர்ச்சி அடைகின்றன. அதாவது, படத்தில் இன்னும் வலது புறமாக ஒதுங்கிச் செல்லுகின்றன. இது எதனால்? இது கட்டமைப்பில் உள்ள வேறுபாட்டினாலாகும். துணைக் குறு மீன்களைப் போல் உருண்டைக் கொத்துகளிலுள்ள விண்மீன்களின் உலோக விதம் படம் 32-ல் உள்ள பொருள் விண்மீன்களின் விதத்தைக் காட்டிலும் மிகக் குறைவு. மேற்புறச் சமநிலைக்கு ஒளிக்கோள அடுக்குகளில் கதிர் வீச்சத்தினால் கடத்திச் செல்லப்படும் ஆற்றல் பெருக்கானது தேவையாகும். இது குறைந்த ஒளிக்கோள வெப்ப நிலையுடைய விண்மீன்களில் உலோக அணுக்களால் கட்டுப்படுத்தப்படும். ஆகையினால் மேற்புற சமநிலை உலோக அணுக்களின் செறிவு மாறுதல்களால் மாற்றி அமைக்கப்படும். இந்த மாறுதல்கள் நீலப் படியான படி பெருமீன்களின் உற்பத்தியையும் (படம் 17) சிவப்புப் பெருமீன்களின் உற்பத்தியையும் (படம் 32) விளக்கு கின்றன.

இருப்பினும் படம் 32-ல் உள்ள வளர்ச்சித் தொகுதி இன்னொரு புதிராகும். இத்தொகுதி துணைப் பெருமீன் கிளையின் முடிவிலிருந்து இடது புறமாகத் திரும்பிச் செல்லுவதற்குத் தக்க அறிகுறிகள் ஒன்றும் இல்லை. இது ஒரு உண்மையான மாறுபாடா அல்லது 32-ஆம் படத்தில் திருப்பம் இல்லாதது விண்மீன்களில் குறைவான எண்ணிக்கையின் விளைவா — உருண்டைக் கொத்துகளின் இந்தத் திருப்பத்தைக் காணுவது ஆகையினால் தொகை குறைவாக இருப்பதினாலா? எல்லாப் பொருத்த முறையில் இந்த வித்தியாசம் உண்மையானது என்று தோன்றுகிறது. ஆனால், இந்த வித்தியாசத்திற்குக் காரணம் மர்மமாக இருக்கிறது. உள்ள தொகுதியின் உச்சியில் இருப்பவைதான், உருண்டைக் கொத்து விண்மீன்களில் இருப்பதுபோல், விரைவாக் கொடுமையாக வேகத்துடன் இந்த விண்மீன்களைச் சிதைத்துவிடும்.

நாம் எளிதில் புரிந்துகொள்ளக் கூடிய ஒரு கடைசிப் பிரச்சினையை எடுத்துக் கொள்வோம். படம் 32-ல் வளர்ச்சிப்பாதை

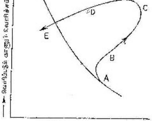
பிரிந்து செல்லும் இடத்திற்கு மேலேயே முக்கிய வரிசையும் இருக்கின்றது. முக்கிய வரிசையில் மிக உயரே இருக்கும் விண்மீன்களின் வளர்ச்சிக் காரணங்கள், வளர்ச்சி அடைந்து கொண்டிருக்கும் விண்மீன்களின் காலங்களைவிட மிகவும் குறைவாக இருக்கும். சுமாராக 500 மில்லியன் ஆண்டுகளாகும். இதை 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளோடு ஒப்பிட்டுப் பார்த்தோம். 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் (காலம்) தேவைப்படும் விண்மீன்கள் வளர்ச்சி அடைந்து கொண்டே இருக்கும் பொழுது முக்கிய வரிசையில் 500 மில்லியன் ஆண்டுகளே வளர்ச்சி அடையத் தேவைப்படும் காலங்களையுடைய விண்மீன்கள் ஏன் முன்பே வளர்ச்சி அடைய வில்லை? இதற்கான விடை நேரிடையானது. ஏன் என்றால், ஞாயிற்றின் அருகிலுள்ள விண்மீன்கள் ஒரே வயதுடையன அல்ல. ஒரு வகை விண்மீன்கள் 4,000, அல்லது 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் வயதுடையவைவாகும்—ஞாயிறு இந்த வகையைச் சேர்ந்தது; இன்னொரு வகை 500 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கும் குறைவான வயதை யுடையவைவாகும். இந்த இரண்டு வகைகளும் படம் 32-ல் ஒன்றாகக் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இதுதான் வெளிப்படையான தனித்தன்மைக்குக் காரணமாகும்.

சீஃபைடுகள் (The Cepheids)

H-R படத்திலுள்ள விண்மீன்களின் பொதுப் பரவலைப்பற்றி ஒரு தற்காலிகக் கோட்பாட்டை வைத்து முறையாக ஆராயத் தொடங்குவோம். அதாவது போதிய கால மிகுதியால் ஒவ்வொரு விண்மீனும் வடிவத்தில் படம் 33-ல் கொடுக்கப்பட்ட வளர்ச்சிப் பாதையில் வளர்ச்சி அடையும். ஆரம்பமாகும் A என்ற புள்ளி முக்கிய வரிசையில் எங்கே இருந்தாலும் சரி.

உருண்டைக் கொத்துக்களிலிருந்து, (படங்கள் 17, 18) நம் கோட்பாடு A என்ற புள்ளி ஞாயிற்றுக் கருகே குறுமீன்கள் இடையே இருக்கும்பொழுது நிறைவேற்றப் படுகின்றது என்று தெரிகிறது. ஆனால், இப்பொழுது நாம் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டிய வளர்ச்சி முறை A என்ற புள்ளி குறுமீன்களுக்கு மேலே உள்ள பொழுது ஏற்படுவதாகும். நம்முடைய தற்போதைய கோட்பாடு காட்சி ஆய்வு மூலம் நமக்கு கிடைக்கும் முடிவுகளுக்கு ஏற்றவாறு அமையுமோ அல்லது அமையாதோ என்பதைப்பற்றி விரிவாகப் பின்பு ஆராய்வோம். இந்தக் கோட்பாடு சில தறுவாய்களில் வெளிப்படையாக நிறைவேற்றப்பட்டும் இதர தறுவாய்களில் நிறைவேற்றப்படாமலும் இருக்கின்றது என்பதை அறிவோம்.

படம் 33-ல் வெளிச்ச அளவுகளையும் மேற்புற வெப்பநிலை அளவுகளையும் குறிப்பிடவில்லை. ஏனென்றால், முக்கிய வரிசையில் A என்ற ஆரம்பப் புள்ளி எதுவொன்றாலும் இருக்கலாம். A யிலிருந்து B வரை விண்மீன் இன்னும் வெளிச்சமாகவும் வெப்பமாகவும் வளர்ச்சி பெறுகிறது; இதனால் பரிமாணத்தில் அதிகமாகக்

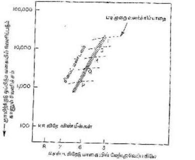


படம் 33. படிமுறை வளர்ச்சிக் கோட்பாடு

நெருங்கிறது. அதாவது விண்மீனின் வெளிச்சம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க அது பருமனாகிக்கொண்டே போகிறது. இது C என்ற புள்ளியில் ஒரு திருப்ப நிலையை அடையும்வரை தொடர்ச்சியாக நடைபெறும். C என்ற புள்ளியில் விண்மீன் A என்ற புள்ளியை விட 1,000 மடங்குகள் அதிக வெளிச்சத்தை உடையதாக இருக்கும். இதன்பிறகு விண்மீன் சுருங்கத் தொடங்கி D, E என்ற புள்ளிகள் வழியே செல்லும்பொழுது குன்றிவிட்ட குறைந்த வெப்பத்தை உடையதாகும். R R லைரீ விண்மீன்களுக்கு ஒப்பனையாக D என்ற புள்ளியின் அருகே ஒரு குறிப்பான மாறுபாட்டு நிலையை நாம் எதிர்பார்க்கலாம்.

படம் 34-ல் உள்ள H-R படத்தின் எல்லையில் மாறுபாடும் விண்மீன்கள் காணப்படுகின்றன. இந்தப் படத்தில் ஒப்பனையாக R R லைரீ விண்மீன்களும் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. P என்ற புள்ளியிலிருந்து T என்ற புள்ளி வரை உள்ள எல்லையில் பிரசித்தி பெற்ற செஃபைட் மாறிகள் (Cepheids variables) என்ற மாறுபாட்டு விண்மீன்கள் உள்ளன. செஃபைட் எல்லையைப் படிமுறை வளர்ச்சிப் பாதையின் ஒரு பகுதியாகக் கொள்ளலாகாது. இன்னும்

சொல்லப்போனால் படம் 34-ல் கோடிட்ட இடங்களில் காட்டி யிருப்பதுபோல் வளர்ச்சிப் பாதை இந்த எல்லையை வெட்டிச் செல்லும்பொழுது விண்மீன்கள் ஊசலாடுகின்றன. ஒரு விண் மீனின் வளர்ச்சிப் பாதை இந்த எல்லையில் எந்தப் பகுதியில் வெட்டிச் செல்லுகின்றது என்பது முதலில் முக்கிய வரிசையில் அது எங்கே இருந்தது என்பதைப் பொறுத்திருக்கின்றது. முதலில்



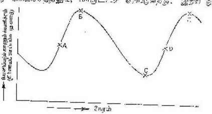
படம் 34. சிஃபைடு எல்லை

முக்கிய வரிசையில் ஞாயிற்றுக்கு அருகாமையிலுள்ள விண்மீன் களின் வளர்ச்சிப் பாதை R R லிரே எல்லையின் வழியே செல்லு கின்றது என்று தெரிந்ததினால் P என்ற அடியிலுள்ள புள்ளியின் அருகே உள்ள (இந்தப் புள்ளி R R லிரே பகுதியைக் காட்டிலும் உயரமாகாது) சிஃபைடு பகுதி வழியே செல்லும் வளர்ச்சிப் பாதை களுடைய விண்மீன்கள் முக்கிய வரிசையில் ஞாயிற்றைவிட உயரே இருந்திருக்க முடியாது என்று தோன்றுகிறது. ஆரம்பத் தில் ஞாயிற்றைவிட 50 மடங்கு அதிக வெளிச்சத்தையுடைய விண் மீன்கள் சிஃபைடு எல்லையை Q. R. என்ற புள்ளிகளின் அருகே வெட்டிச் செல்லும். அதே சமயம் ஞாயிற்றைவிட இருநூறு அல்லது முந்நூறு மடங்குகள் வெளிச்சமுடைய விண்மீன்கள் சிஃபைடு எல்லையை S, T என்ற புள்ளியினருகே வெட்டிச்செல்லும். ஆகையினால் சிஃபைடு எல்லை முழுவதையும் முக்கிய வரிசையில் ஞாயிற்றைவிட 10 மடங்குகளிலிருந்து 400 மடங்கு வரையுள்ள எல்லையில் இருக்கும் விண்மீன்களுக்கே ஏற்றவாறு அமைக்கலாம்.

என்று சொல்கிறோம். படம் 32-ல் குறிக்கப்பட்ட வரிசைகளில் உயர்ந்த பகுதி கொண்ட உடைய ரூபமிற்றின் அண்மையிலுள்ள விண்மீன்கள் நாளடைவில் சிவைப்டு எல்லையின் வழியே வளர்ச்சி அடையும் விண்மீன்களாகும்.

படம் 35. சிவைப்டு பரிமாணத்தின் மாறுபாடு

ஒரு சிவைப்டின் வளர்ச்சி அவர் விட்டத்தின் வழியே உட்புறமாகவும், வெளிப்புறமாகவும் மற்றும் ஒருவித விரிந்து சுருங்கும் நிகழ்ச்சியாகும். இந்த விரிந்து சுருங்கும் நிலையின் பல கட்டங்களைப் படம் 35-ல் காணலாம். ஒரு சிவைப்டு பரிமாணத்திலும், தவிர வெளிச்சத்திலும், மாறுபாடு ஏற்படுகிறது. இதன் ஒரு



படம் 36. ஒரு சிவைப்டின் ஒளி மாறுபாடு

குறிப்பான மாறுபாட்டு வகை படம் 36-ல் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. படம் 36-ல் B, E என்ற புள்ளிகள் உச்ச வெளிச்ச அளவை அடுத்தடுத்து உள்ளவையாகும். இது பரிமாணத்தில் சிறும (minimum) காலங்களுக்குப் பொருந்தியதாக இல்லை. சற்றுத் தாமதமாகவே ஏற்படுகிறது. ஓர் ஒளிக்கோட்டின் அலைவட்டத் திற்கு வேண்டிய நேரத்தை — உதாரணமாக B யிலிருந்து E என்ற புள்ளி வரை — சிவைப்டின் போழ்து என்று அழைக்கப்படும்.

இவைகளின் அதிக மய வெளிச்சத்திலும் (படம் 34-ல் காட்டியிருப்பது போல் சிவைப்டுகள் R R லைர் விண்மீன்கள்

விட அதிக வெளிச்சத்தை உடையனவாகும். உதாரணமாக P என்ற புள்ளியின் அருகே உள்ள சிஃபைடுகள் R R லைரீ விண்மீன்களைக் காட்டிலும் 300 மடங்குகள் அதிக வெளிச்ச முடையனவாகும்). ஒளி மாறுபாட்டினாலும், படம் 36-ல் காட்டியிருப்பது போல், சிஃபைடுகளை எளிதாகக் கண்டுபிடித்து விடலாம். இதனால் இவைகளைத் தொலைவு காட்டிகளாக உதவுகின்றன என்று நினைக்கின்றோம்.

R R லைரீ என்னும் விண்மீன்கள் போன்று இவைகளைப் பயன்படுத்த முடியாது. ஏனென்றால், சிஃபைடுகள் சுமாராக ஒரே மாதிரியான அமைப்பு முறையைக் கொண்ட ஒரு கூட்டமாகாது. படம் 34-ல் T என்ற புள்ளியின் அருகே உள்ள சிஃபைடுகள் Q என்ற புள்ளியின் அருகே உள்ள சிஃபைடுகளைக் காட்டிலும் 100 மடங்கு அதிக வெளிச்சத்தை உடையனவாகும். ஆகையினால், சிஃபைடுகளைக் கூட்டமாக எடுத்துக்கொண்டால் இவைகளை மூல முகப்பு விளக்குகளாகப் பயன்படுத்த முடியாது என்பது தெளிவாகும். சிஃபைடுகள் தொலைவு காட்டிகளாக மிகவும் பயன்படக் கூடியவை; ஏனென்றால், அவைகளின் ஊசலாட்டப் போழ்தின் ஒரு முக்கியத் தன்மையாகும். இது P யிலிருந்து T வரை முறையாக மாறுகின்றது.

(படம் 34) P என்ற புள்ளியில் $2\frac{1}{2}$ நாட்களும் Q என்ற புள்ளியில் 5 நாட்களும், R-ல் 10 நாட்களும் S-ல் 20 நாட்களும், T-ல் 35 நாட்களும் ஆகும். ஆகையினால், காட்சி முறையில் ஒரு சிஃபைடின் ஊசலாட்டப் போழ்தைக் கண்டுபிடித்தால் அது Pயிலிருந்து T வரையில் உள்ள எல்லைக்குள் எங்கு இருக்கின்றது என்பதை நேரிடையாகச் சொல்லிவிடலாம் (தெரிந்துகொள்ளலாம்). ஒரு விண்மீனின் கண்டறியப்பட்ட போழ்து 10 நாட்கள் என்றால் அந்த விண்மீன் R என்ற புள்ளியின் அருகில் இருக்கவேண்டும் என்று நமக்குத் தெரிகின்றது. ஆகையினால், படம் 34-ல் இருந்து அதன் சுய வெளிச்சத்தைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். இதனால் இதை ஒரு மூல முகப்பு விளக்கு எனப் பயன்படுத்தலாம்.

சிஃபைடுகள் தொலைவு காட்டிகளாக முக்கிய விதத்தில் பயன்படுகின்றன. ஆகையினால் படம் 34 எப்படிக் கிடைத்தது என்பதைப்பற்றிக் குறிப்பிடுவது சரியாகும். எளிய காட்சி முறை பெரிய மெகலனிக் மேகத்தின் ஆராய்ச்சியினால் கிடைக்கின்றது. இந்த மேகத்தின் விண்மீன்கள் எல்லாம் நம்மிடமிருந்து ஒரே தொலைவில் இருக்கின்றன.

இந்தப் பெரிய மெகலனின் மேகம் சிஃபைடுகளோடும் R R லைரி விண்மீன்களைக் கொண்டே கண்டுபிடித்து விடலாம். R R லைரி விண்மீன்களை 200,000 பார்செக்ஸ் தொலைவு வரை பயன்படுத்தலாம் என்பதை நினைவில் வைக்கவேண்டும். மெகலனின் மேகங்கள் இவற்றைவிடக் குறைந்த தொலைவில் இருக்கின்றன. அதாவது 50,000 பார்செக்ஸ் தொலைவு உள்ளன. பெரிய மெகலனின் மேகங்களின் தொலைவை இவ்வாறு கண்டுபிடித்த பிறகு இதைச் சேர்ந்த சிஃபைடுகளின் ஒளி வெளிச்சத்தைக் கண்டுபிடித்து விடலாம். (ஒரு மோட்டார் வண்டி எவ்வளவு தொலைவில் இருக்கின்றது என்று நமக்குத் தெரிந்தால் அதன் முகப்பு விளக்குகளின் வெளிப்படை வெளிச்சத்தைக் கொண்டு அவைகளின் உண்மையான வெளிச்சத்தைக் கண்டுபிடித்து விடலாம்) இந்த முறையில் படம் 34-ல் உள்ள சிஃபைடுகளின் எல்லையைக் குறிக்கலாம். கடைசியாகப் பல பகுதிகளில் உள்ள சிஃபைடுகளின் அசைவோட்டப் போழ்துகளை ஆராய்ச்சியின் மூலம் நிர்ணயித்து இதிலிருந்து P-ல் இருந்து T-க்குச் செல்லும்பொழுது அசைவோட்டப் போழ்து எப்படி மாறுகின்றது என்பதை அறியலாம்.

T என்ற புள்ளியின் அருகே உள்ள சிஃபைடுகள் R R லைரி விண்மீன்களை விட 300 மடங்குகள் அதிக வெளிச்சத்தை உடையவைகளாக இருப்பதால் இவைகளைத் தொலைவுகாட்டிகளாகப் பயன்படுத்தினால் R R லைரி விண்மீன்களை விட அதிகத் தொலைவுகளைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படுத்தலாம். படம் 34-ல் T என்ற புள்ளியின் அருகே உள்ள சிஃபைடுகளை 4 மில்லியன் பார்செக்ஸ் தொலைவுகளுக்குப் பயன்படுத்தலாம். அத்தியாயம் 10-ல் சாண்டேஜ் (Sandage) என்பவர் சமீபத்தில் M_{31} (பிளேட் XXIV) அண்டத்தை 2,500,000 பார்செக்ஸ் தொலைவில் இருப்பதாகக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார் என்பதைக் குறிப்பிட்டோம். இந்தக் கணக்கீட்டில் சிஃபைடுகளை மூல முகப்பு விளக்குகளாகப் பயன்படுத்தினார்.

H-R படத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியில் மட்டும் ஏன் விண்மீன்கள் அசைவாட வேண்டும் என்பது தெளிவாக இல்லை. R R லைரி விண்மீன்களின் அசைவோட்டமும் ஏன் என்பது தெரியவில்லை. வான நூல் கோட்பாட்டின்படி நாம் தெளிவாகக் கூறுவது யாதெனில், அசைவோட்டம் ஏற்படலாம் என்பதை வைத்து சிஃபைடுகளின் போழ்து எப்படி நாம் கணிப்பதுபோல் அமைந்திருக்கிறது என்பதாகும். உதாரணமாக, படம் 34-ல் P என்ற புள்ளியின் அருகே உள்ள சிஃபைடுகள் ஏன் 2½ நாட்களுக்கு ஒரு முறை அசைவாடுகின்றன. R என்ற புள்ளியின் அருகே 10 நாட்

களுக்கு ஒரு முறையும் S என்ற புள்ளியின் அருகே 20 நாட்களுக்கு ஒருமுறையும் ஏன் ஊசலாட்டம் ஏற்படுகின்றது என்பதைக் காண்பிக்கலாம். சுருக்கமாகச் சொன்னால், ஒரு சிபைடின் போழ்து சிபைடு எல்லைக்குள் அது எந்த இடத்தில் இருக்கின்றது என்பதைப் பொறுத்ததாகும் (இந்தத் தன்மையினால்தான் சிபைடுகளைத் தொலைகாட்டிகளாகப் பயன்படுத்த முடிகிறது) இதற்கான கோட்பாட்டு ரீதியான ஆராய்ச்சிகள் முதல் முதலில் எடிங்டன் (Eddington) என்பவரால் செய்யப்பட்டது ஸ்வார்ஸ்சைல்டு (Schwarzschild) மற்றும் எப்ஸ்டைன் (Epstein) என்பவர்களால் நேரிடை ஆராய்ச்சியின் மூலம் இது சமீபத்தில் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கப்பட்டது. இதன் முடிவு முழு ஒற்றுமையையே காண்பித்தது.

ஒழுங்கற்ற மாறிகள் (The irregular variables)

31ஆம் படத்தில் உள்ள விண்மீன் வகைகளில் ஒழுங்கற்ற மாறிகள் என்ற வகையைத்தான் இதுவரை நாம் குறிப்பிடவில்லை. H-R படத்தில் இவை எவ்வாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்பதை அறியப் படம் 33-ல் உள்ள வளர்ச்சிப் பாதையில் இரண்டு ஊசலாட்ட நிலைகள் ஏற்படுகின்றன என்னும் கருத்தைக் கவனத்திற்குக் கொண்டு வரவேண்டும். இதில் ஒன்று D என்ற புள்ளியின் அருகே நாம் ஏற்கனவே எடுத்துக்கொண்ட நிலையாகும். மற்றொன்று C என்ற புள்ளியின் அருகே வளர்ச்சிப் பாதையின் மேல் பகுதியில் ஏற்படும் நிலையாகும்.

இந்த இரண்டு நிலைகளையும் வேறுபடுத்திக் காண்பது எளிதாகும். சிபைடுகளில் ஊசலாட்டப் போழ்துகள் ஒரே நிலையில் வைக்கப்படுகின்றன மேலும் (படம் 36) ஒளி வளைகோட்டின் அமைப்பு மாறுபாடின்றி ஒரே நிலையில் வைக்கப்படுகின்றது நம்மால் காணக்கூடிய அளவில், ஆனால் ஒழுங்கற்ற மாறிகளின் போழ்துகளும் அவைகளின் ஒளி வளைகோடுகளும் ஒரு ஊசலாட்டிலிருந்து மற்றொரு ஊசலாட்டத்திற்கு மாறும்பொழுது மாறுபாடுகளைக் காண்பிக்கின்றன.

இவ்வாறு மாறுபாடுகளுடைய ஊசலாடும் விண்மீன்களை உதாரணமாக வளர்ச்சி தொகுதியின் முனையிலுள்ள உருண்டைக் கொத்துக்களில் காணலாம். (படம் 15-ல் O என்ற புள்ளியின் அருகே) பால்மண்டலத்தில் பரவி யிருக்கும் விண்மீன்களுள் அநேக ஒழுங்கற்ற மாறிகளைக் காணலாம். இவை அருகிலுள்ள விண்மீன்களில் காணப்படவில்லை. நெடுநாள் மாறிகள் (long period Variables) என்று சொல்லப்படும் இவைகளைப் படம் 32-ல் குறிப்பிடும்பொழுது ஆல்டிபாரன் (Aldebaran) என்ற விண்

மீனைத் தாண்டி நிற்கும் வளர்ச்சித் தொகுதியின் பகுதியில் இருக்கும். இதற்கு ஒரு சிறந்த உதாரணமாக இருப்பது மீரா (The wonderful வியப்புக்குரியது) என்னும் விண்மீனாகும்.

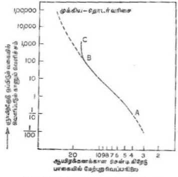
சில ஒழுங்கற்ற மாறிகள் மிகவும் வெளிச்சமான விண்மீன்களாக இருக்கின்றன. ஞாயிற்றை விட 100,000 மடங்குகள் அதிக வெளிச்சமுடையனவாக இருக்கின்றன. மிகவும் வெளிச்சமான இந்த ஊசலாடிகள் (oscillations) எளிதில் கண்டறியக் கூடிய தன்மைகளை உடையனவாக இருப்பதால், இவைகளை தொலைவு காட்டிகளாகப் பயன்படுத்த முடிகின்றது. இம்மாதிரியான ஒரு விண்மீனைத்தான் சாண்டேஜ் என்பவர் M_{81} என்ற பெரிய அண்டத்தின் தொலைவை நிர்ணயிக்கப் பயன்படுத்தினார். சிபைடு முறை போல் இந்த ஒழுங்கற்ற ஊசலாடி இந்தத் தொலைவை 2,500,000 பார்செக்ஸ்களாகக் காண்பித்தது.

புலப்படா மீப்பெரு விண்மீன்களின் மர்மம் (The mystery of the missing supergiants)

மேலே கொடுக்கப்பட்ட படிமுறை வளர்ச்சிக் கோட்பாடு நேரிடை ஆராய்ச்சியோடு எப்படி ஒத்திருக்கின்றது என்பதைப் பார்ப்போம். படம் 34-ல் P யிலிருந்து T வரை உள்ள சிபைடுகள் முக்கிய வரிசையில் ஞாயிற்றைப் போன்று 10 மடங்கிலிருந்து 400 மடங்குகள் வரை உள்ள வெளிச்ச அளவை உடைய எல்லையில் கிடைக்கலாம் என்பதை நாம் அறிந்தோம். பொருண்மை அளவில் ஞாயிற்றைவிட 6 அல்லது 7 மடங்குகளுக்கு பொருண்மைகளுடைய விண்மீன்களாகும். முதலில் இதைவிட அதிக வெளிச்சமுடைய விண்மீன்களைப்பற்றி என்ன சொல்லலாம்? படிமுறை வளர்ச்சிப் பாதையில் ஞாயிற்றை விட 400 மடங்குகளுக்கும் அதிகமான வெளிச்சத்தை உடைய விண்மீன்களுக்கு இணையான சிபைடுகளைப்பற்றி என்ன சொல்லலாம்? இதற்கு விடை இம்மாதிரியான சிபைடுகளே காணப்படவில்லை என்பதுதான். 34-ம் படத்தில் T என்ற புள்ளி காட்சி நீறியில் சிபைடு எல்லையின் உச்சவரம்பைக் குறிக்கிறது.

இதிலிருந்து நமக்குக் கிடைக்கும் முடிவு யாதென்றால், முதலில் முக்கிய வரிசையில் ஞாயிற்றின் வெளிச்சத்தில் 400 மடங்குகளுக்கு மேல் வெளிச்சத்தை உடைய விண்மீன்கள் நம் வளர்ச்சிக் கோட்பாட்டிற்கு ஏற்றவாறு இரா என்பதாகும் — இவை ஒரு வேளை முற்றிலும் வேறு வழியில் உண்டாகி யிருக்கலாம். இந்த முடிவு மிகவும் முக்கியமானதால் இதற்கு ஆதாரமாக இதர உண்மைகள் என்னவென்று அறியவேண்டும். இதற்கு ஆதாரம்

முற்றிலும் வேறு விவாதத்தினல் கிடைக்கின்றது. இது காணக்கூடிய கொத்துகளான ஒருவகை விண்மீன் கூட்டங்களின் ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து கிடைக்கின்றது. காணக்கூடிய கொத்துக்கள் உருண்டைக் கொத்துகளினின்றும் மாறுபட்டிருக்கின்றன.



படம் 37. பியாடிசைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் தடிக் கோட்டின்மேல் உள்ளன

இவை குறைந்த அளவு விண்மீன்கள் உடையனவாகவும் இவை வயதில் மிகவும் குறைந்தனவாகவும் இருக்கின்றன. உருண்டைக் கொத்துக்களில் விண்மீன்கள் அதிகமாகவும் வயது முதிர்ந்தனவாகவும் உள்ளன. உண்மையில் மிகவும் வெளிச்சமுடைய இளமையான விண்மீன்களை வெளிப்படையான கொத்துக்களில் காணலாம். இம்மாதிரி வெளிப்படையான கொத்து பிளியாடிஸ் (படம் XVII) ஆகும்.

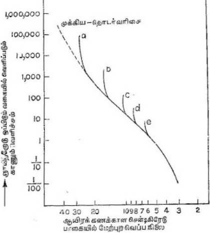
ஒரு கொத்திலுள்ள எல்லா விண்மீன்களும் ஒரே வயதை உடைமையே கொத்துகளில் நாம் உணர வேண்டிய முக்கியமான இயல்பாகும். ஆகையினல், ஒரு கொத்தில் முக்கிய வரிசை ஒரு குறிப்பிட்ட உச்சவரம்பை உடையதாகும். இதற்கு ஏற்ற வாதம் என்னவென்ருல், முதலில் இந்த உச்ச வரம்புக்கு மேல் உள்ள விண்மீன்கள் (தற்போது காணப்படுவது போல்) வளர்ச்சி அடைந்து

இப்பொழுது மறைந்து விட்டன என்பதாகும். இதே சமயத்தில் உச்ச வரம்பிற்குக் கீழே உள்ள விண்மீன்கள் வளர்ச்சி அடையப் போதிய நேரம் இல்லாததால் எதிர்காலத்தில் தங்களுடைய வாய்ப்பிற்காகக் காத்துக் கொண்டிருக்கின்றன. வரம்பிற்கு அருகே உள்ள விண்மீன்கள் தொடக்க வளர்ச்சிக்கான அறிகுறிகளை உடையனவாக இருக்கும் என்று எதிர்பார்க்கலாம். படம் 37-ல் பிளியாடிசுக்கு வரையப்பட்டிருக்கும் நிலையைப் போல், படம் 37-ல் A லிருந்து B வரை விண்மீன்கள் முக்கிய வரிசை கோட்டிற்கு மிக அருகாமையிலும் B லிருந்து C வரை முக்கிய வரிசையிலிருந்து சற்றுப் பரவலாகவும் இருக்கலாம். B க்கும் C க்கும் இடையிலுள்ள விண்மீன்கள் வளர்ச்சி அடையத் தொடங்கி உள்ளன.

அடுத்தபடியாக H-R படத்தில் அநேக கொத்துகளை ஒன்று கக் குறிப்பிடலாம். முதலில் ஒவ்வொரு கொத்துக்குமான முக்கிய வரிசைகள் ஒன்றன்மேல் ஒன்றாகப் படிந்திருக்கவேண்டும். ஏனென்றால், இந்த விண்மீன்களின் வளர்ச்சி இதுவரை கருதக் கூடியவைகளாக இல்லை. ஆகையினால் இவை யெல்லாம், எந்தக் கொத்தைச் சேர்ந்தவைகளாக இருப்பினும் முக்கிய வரிசைக் கோட்டோடு பொருந்தி யிருக்கவேண்டும். படம் 38 ல் காட்டப் பட்டபடி ஒரு விண்மீன் பரவல் நமக்குக் கிடைக்கின்றது. படம் 38-ல் முக்கியமாகக் கவனிக்கவேண்டியது யாதெனில், a, b, c, d, e என்ற முக்கிய வரிசையிலிருந்து விலகிச் செல்லும் பகுதிகளாகும். இவை பல கொத்துகளில் முக்கிய வரிசைகளிலிருந்து அப்பால் வளர்ச்சி அடையும் விண்மீன்களைக் குறிக்கின்றன. e என்ற விலகிய பகுதி (கோடு) ஒரு கொத்தில் உள்ள விண்மீன்களையும் d என்ற விலகிய பகுதி மற்றொரு கொத்தின் விண்மீன்களையும் இதே போல் c, b, a என்ற விலகிய பகுதிகள் இதர கொத்துகளில் உள்ள விண்மீன்களையும் குறிக்கும் பல கொத்துகளின் வயதுகளுக்கு ஏற்றபடி படம் 38-ல் விளக்கம் கூறலாம். a என்ற விலகு பகுதி உடைய கொத்து மிகவும் இளமையானது. இதற்கு அடுத்தபடி இளமையாக இருப்பது b யாகும். இதற்கு அடுத்தாற்போல் c, d ஆகும். e என்பது தான் முதிர்ந்ததாகும். நாள்பட a என்பது b மாதிரியும் பிறகு c மாதிரியும் இதற்குப் பிறகு d மாதிரியாகவும் இவ்வாறாகக் காணப்படும்.

இந்தக் குறிப்புகள் முக்கிய வரிசையின் மேலோ அல்லது இதற்கு அருகாமையிலோ உள்ள விண்மீன்களின் கொத்துகளைப் பற்றியதாகும். இப்பொழுது முக்கிய வரிசையில் வலது புறமாகத் தள்ளி உள்ள விண்மீன்களைப் பற்றி என்ன சொல்லலாம்?

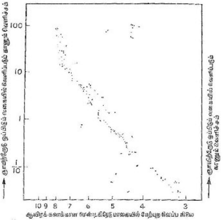
அதிகப்படி வளர்ச்சி அடைந்த விண்மீன்களைப் பற்றி என்ன சொல்லலாம். இங்கேதான் ஒரு புதிய நிலை ஏற்படுகின்றது. முக்கிய வரிசையிலிருந்து வெகு தொலைவிலுள்ள விண்மீன்கள் சில கொத்துகளில் தான் காணப்படுகின்றன. மற்றக் கொத்துகளில் காணப்படவில்லை. அவை காணப்படுவதோ அல்லது காணப் படாமல் இருப்பதோ ஒரு குறிப்பிட்ட காரணத்தைப் பொறுத்



படம் 38. ஒன்றின்மேல் ஒன்றாகப் பொருத்தப்பட்ட வெளிப்படையான கொத்துகள்

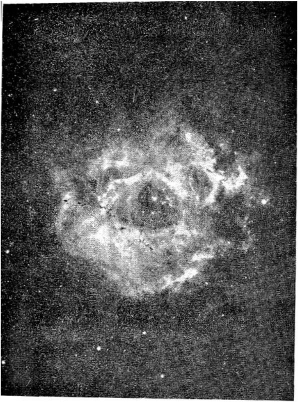
திருக்கின்றது. முக்கிய வரிசையின் உச்ச வரம்பிற்கு அருகே இருக்கும் விண்மீன்கள் ஞாயிற்றைவிட 400 மடங்குகள் அதிக வெளிச்ச முடையனவாக இல்லாவிட்டால் முக்கிய வரிசையில் வலது பக்கத்தில் சற்றுத் தொலைவாக வளர்ச்சி காணப்படுகின் றது. படம் 39-ல் காட்டப்பட்டுள்ள கொத்து இவ்வாறானதே.

இது பிரிஸெபெ (Praesepe) கொத்து எனப்படும். இன்றொரு வகையில் முக்கிய வரிசையில் உச்சவரம்பிற்கு அருகே உள்ள விண் மீன்கள் ஞாயிற்றை விட 400 மடங்குகள் அதிக வெளிச்சத்தை உடையனவாக இல்லாவிடில் படம் 33-ல் காட்டப்பட்டுள்ள கொக்கி போன்ற வடிவமுள்ள ஒரு வளர்ச்சி காணப்படும். உதாரணமாகப் பிளியாடிஸ் படம் 38-ல் c, d, e என்ற கொத்துகளில்



படம் 39. வெளிப்படையான கொத்து பிரிஸெபியின் விண்மீன்கள்

வளர்ச்சி காணப்படும். ஆனால், a யிலும் b யிலும் காணப்படாது. இந்தப் புதுமையான நிலையைப் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்பு ட்ரம்ப்ளர் (Trumpler) என்பவர் தெரிவித்தார். இதனால் முக்கிய வரிசையில் வலது பக்கம் தள்ளி வளர்ச்சி பெறும் விண்மீன்கள் மிகவும் வெளிச்சமுடைய கொத்துகளில் காணப்படாதது, ஏன் என்றால், அவை அங்கே இல்லாததினால் தான் என்று நான் நினைக்கிறேன்.



Mt. Wilson and Palomar Observatories

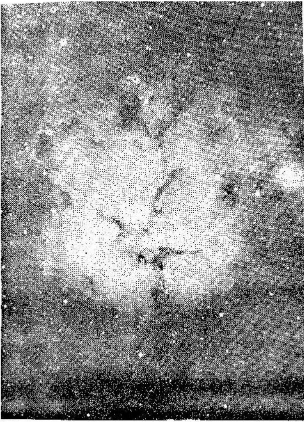
XXXII ரோசெட் நெபுலா

படத்திலுள்ள கருமையான உருண்டைகளைக் கவனிக்கவும். நெபுலா தன்மையின் ஒளிப் பின்னணிக்கு எதிராக இக் கரு உருண்டைகள் நகரும்போது அவற்றை நாம் காணலாம். இத்தகைய உருண்டைகளிலிருந்தே விண்மீன் திரள்கள் தோன்றியிருக்கலாம். இத்தகைய நெபுலேக்களின் பரிமாணம் பல நூறு மில்லியன் மில்லியன் மைல்கள் அளவினதாகும்.

Mt. Wilson and Palomar Observatories

XXXIII. NGC 6611

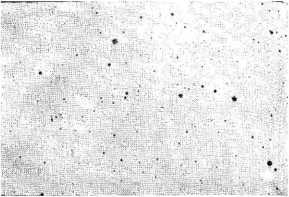
வெப்ப வாயு விண்மீன்களின் வெப்பத்தால் மேலும் சூடாக்கப்பட்டு வெடிகுண்டைப்போல வெடித்துச் சிதறுகிறது. இவற்றின் ஒழுங்கற்ற தோற்ற உருவைப் படத்தில் கவனிக்க.



Mt. Wilson and Palomar Observatories

XXXIV. டிரிஃபிட் நெபுலா

இம் முகில் வலுக் குறைந்த வான் கதிர் அலைகளையே நடத்தக்கூடியவை.



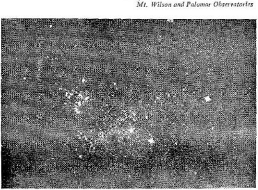
Mt. Wilson and Palomar Observatories

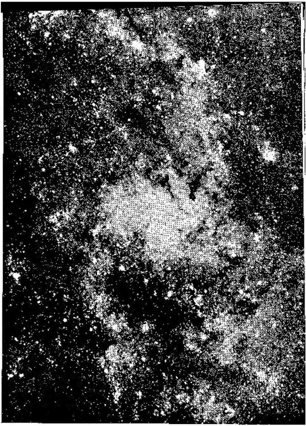
XXXV. கெசியோபியாவிலுள்ள கதிர் கடத்தும் கருவி

மிகச் சக்தி வாய்ந்த, பால் மண்டலத்திலுள்ள வான் கதிர் கடத்திகளுள் இது ஒன்று. இது நெகடிவ் படத்தின் தோற்றம்—அதாவது இதில் வானம் வெண்மையாகவும், விண்மீன்கள் கருப்பாகவும் காட்டப்பட்டுள்ளது. விண்மீன்களில் வான் அலை கடத்திகள் இல்லை. ஆனால், வான் அலைகள் காற்றுச் சுழல் இணைப்பின் மூலம் கொணரப்படுகிறது. 30,000,000,000,000,000 மைல்கள் தொலைவில் உள்ள இணைப்புகளைப் படத்தில் இடப்பக்க மத்தியில் காணலாம்.

XXXVI. IC 1613, நிலை உருவமற்ற தளர்ச்சியான ஓர் அண்டத்திற்கு எடுத்துக்காட்டு

Mt. Wilson and Palomar Observatories

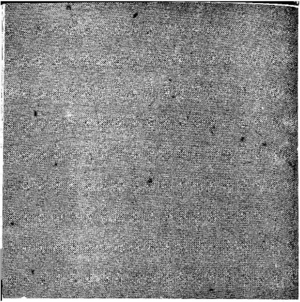




Mt. Wilson and Palomar Observatories

XXXVII. டிரயாங்குலத்தில் M 33 அண்டம்

நம் அண்டமும் M 31 அண்டமும் அடங்கியுள்ள மண்டலத்தின் முக்கிய உறுப்புகளாகும். M 33 Sc என்னும் அண்டம் இரண்டாவது முக்கியமான அண்டமாகும். இவற்றின் குறுக்குத் தூரம் 40,000,000,000,000,000 மைல்கள்.



Mt. Wilson and Palomar Observatories

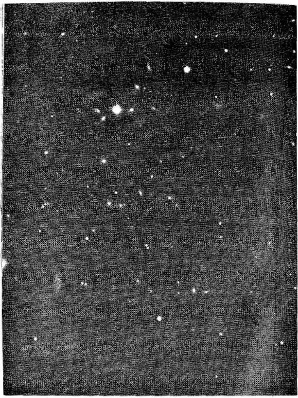
XXXVIII. கன்னி முகிலின் அண்டங்கள்

இது ஒரு நெகடிவ் படம். நெகடிவ் படங்களே வான் ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படுத்தப் பெரிதும் உதவுகின்றன. படத்தில் உள்ள அண்டக் கொத்துகளின் குழுக்குத் தொலை தூரம் சுமார் 20,000,000,000,000,000,000 மைல்கள்.

Mt. Wilson and Palomar Observatories

XXXIX. வால்மீன் கோத்தின் நடுப்பகுதிகள்

அருகிலுள்ள விண்மீன்களுக்கும், தொலைவில் உள்ள அண்டங்களுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டைப் படத்தில் கவனிக்க. பால் மண்டலத்தைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் கடினமான வரைவு விளிம்புகளைக் கொண்டுள்ளன. ஆனால், தொலை அண்டங்களின் விளிம்புகள் வட்ட வடிவற்றும் மங்கலாகவும் உள்ளன.



Mt. Wilson and Palomar Observatories

XL. போரியாலிஸ் என்ற ஒவ்வட்ட அமைப்பில் அண்டக் கொத்து

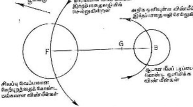
அருகிலுள்ள விண்மீன்களுக்கும், தொலைவில் உள்ள அண்டங்களுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டைப் படத்தில் மீண்டும் கவனிக்க. இவற்றில் அதிக ஒளி உள்ள விண்மீன்கள் வட்ட வடிவமாகத் தோன்றுவதோடு ஒரு சிலுவை வடிவையும் கொண்டு இருக்கிறது. இது பார்வைத் தோற்றமே ஆகும்.

வெளிப்படையான கொத்துகளிலிருந்து கிடைக்கும் இந்த ஆதாரத்தை முன்பு சிஃபைடுகளைப் பற்றிக் கொடுத்த விவாதத்தோடு சேர்த்துப் பார்த்தால் முக்கிய வரிசையில் முதலில் ஞாயிற்றை விட 400 மடங்குகள் அதிக வெளிச்சத்தை உடைய விண்மீன்கள் வலது பக்கத்தில் தொலைவாக வளர்ச்சி அடையப் பெறுவதில்லை என்றும், அதே சமயத்தில் இவைகளை விட மங்கலான விண்மீன்கள் வளர்ச்சி அடைந்து காணப்படுகின்றன என்றும் மிகவும் உறுதிப்படுகின்றது. இருக்கிற நிலை என்ன வென்றால், போதிய நேரம் கொடுக்கப்பட்டால் எல்லா விண்மீன்களும் முக்கிய வரிசைக்கு வலது புறமாகத் தள்ளி வளர்ச்சி அடைகிறது என்பதாகும். இவைகளில் முதலில் உள்ள வெளிச்சம் ஞாயிற்றின் வெளிச்சத்தைப் போல் 400 மடங்குகளுக்குக் குறைவானால் இவை முக்கிய வரிசையை விட்டு அப்பால் தள்ளிச் செல்லுகின்றன. இவற்றின் வளர்ச்சிப் பாதை படம் 33-ல் உள்ளது போல் இருக்கும். இன்னொரு புறம் முதலில் உள்ள வெளிச்சம் ஞாயிற்றைவிட 400 மடங்குகளுக்கு மேல் இருந்தால் அப்பொழுது வேறொரு நிகழ்ச்சி ஏற்படுகின்றது. இது என்ன என்பது கேள்வி. விண்மீன்களின் வளர்ச்சி பற்றிப் புரிந்துகொள்ள மிகவும் முக்கியமான இந்தக் கேள்வியை ஆடோ ஸ்ட்ரூப் (Otto Struve) என்பவர் வலியுறுத்தியிருக்கிறார். இதற்குப் பொருத்தமான விடையை அடுத்த அத்தியாயத்தில் காண்போம். புலப்படாத மீப்பெரு மீன்களின் மர்மத்தைப் பற்றிய கருத்து ஆராய்ச்சியை அடுத்த அத்தியாயத்தில் காணலாம்.

பேயுருவான விண்மீன்களின் மர்மம் (The mystery of the demon stars)

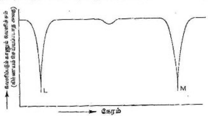
இந்த அத்தியாயத்தை முடிப்பதற்கு முன் கடைசியாக உள்ள ஒரு புதிரை ஆராய்வோம். இது ஆல்கோல் (A!gol) இரட்டை விண்மீன்கள் எனப்படும் ஒரு வகை இரட்டை விண்மீன் தொகுதியைப் பற்றியதாகும். இது ஆல்கோல் என்ற ஒரு வகை விண்மீன் தொகுதியினால் ஏற்பட்ட பெயர். ஆல்கோல் இரட்டை விண்மீன்களின் தனிப்பட்ட தன்மை யாதெனில், சில சமயங்களில் இந்த இரண்டு விண்மீன்களும் ஒன்றை ஒன்று சுற்றி வரும் பொழுது மங்கலாக உள்ள விண்மீன் வெளிச்சமாக உள்ள விண்மீனை மறைக்கின்றது. இதனால் இந்தத் தொகுதியின் ஒளி ஏராளமாகக் காணப்படுவதில்லை. இந்த நிலை படம் 40-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்தத் தொகுதிகளில் மங்கலான விண்மீனே இரண்டிலும் பெரியது என்பது காணப்படுகின்றது.

விண்மீன்கள் அவைகளின் சுற்றுப் பாதைகளில் செல்லும் பொழுது ஒரு சமயம் வெளிச்சமுடைய விண்மீன் மங்கலான விண்மீனை மறைக்கின்றது. இந்த நிலையிலும் ஒளி குறைகிறது. இருப்பினும், வெளிச்சமான விண்மீன் மறைக்கப்படும் பொழுது,



படம் 40. ஓர் ஆல்கோல் இரட்டைத் தொகுதியின் விண்மீன்களுடைய இயக்கங்கள்

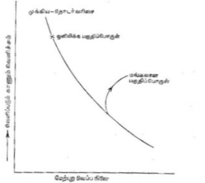
ஏற்படும் ஒளிக்குறைவை விட இது குறைவாகவே இருக்கும். இவ்வாறு நமக்குக் கிடைக்கும் ஒளி ஏற்றத்தாழ்வாகப் படம் 41-ல்



படம் 41. ஓர் ஆல்கோல் இரட்டைத் தொகுதியின் ஒளிக்கோடு

கொடுக்கப்பட்டபடி இருக்கும். இந்தப் படத்தில் வளைகோட்டின் பெரிய குவிப்புகள் (big clips) வெளிச்சமான விண்மீன் மறைக்கப்படும் நிலைகளைக் குறிக்கின்றன. சிறிய குவிப்புகள் மங்கலான விண்மீன் மறைக்கப்படும் நிலையைக் குறிக்கின்றன.

ஆல்கோல் இரட்டைத் தொகுதியைப் பொறுத்தவரை ஊசலாட்ட போழ்து (அதாவது L என்ற குவிப்புக்கும் M என்ற குவிப்புக்கும் இடையே உள்ள நேரம்) 2 நாள் 20 மணி 40 நிமிட நேரம் ஆகும். இந்த மாறுபாடு மிகவும் குறிப்பாக இருப்பதால் நம் கண்ணால் இதை நேரிடையாகக் காணமுடிகிறது. வானத்தில் என்ன மாறுதல்கள் ஏற்பட்டாலும், அது மனித வாழ்க்கையை அதிகமாகப் பாதிக்கும் என்ற நம்பிக்கை பழங்கால மக்களிடம்



படம் 42. ஆல்கோல் இரட்டைத் தொகுதியின் பொருத்தமற்ற வளர்ச்சி முறை

இருந்தது. ஆகையினால், முறையான ஊசலாட்டத்தை உடையதும் கண்ணுக்கு நன்றாகத் தெரியக்கூடியதுமான ஆல்கோல் பயங்கரமான ஒரு விண்மீனாகத் தோன்றியது. இதனால் தான் இதைப் பேயுருவ விண்மீன் என்று குறித்தனர்.

மங்கலான விண்மீன் பெரியதாகக் காணப்படுவதால் ஆல்கோல் இரட்டை விண்மீன்கள் வளர்ச்சிப் படத்திற்கு முக்கியமானதாக இருக்கிறது. இரட்டைத் தொகுதியில் இரண்டு உறுப்புகளும் முக்கிய வரிசையைச் சேர்ந்தவைகளானால் இந்த நிலை ஏற்படாது. ஏனென்றால், அப்பொழுது மங்கலான விண்மீன்

சிறியதாகத்தான் இருக்கும். மங்கலான விண்மீன் முக்கிய வரிசையில் வலது புறமாக இருந்தால்தான் பெரியதாக இருக்க முடியும். அப்பொழுதுதான் அதன் பரிமாணமும் கருத்தபடி அதிகரிக்கும். ஆனால், காட்சி ஆராய்ச்சியிலிருந்து வெளிச்சமான விண்மீன் முக்கிய வரிசையின் மேலோ அல்லது அதன் அருகாமையிலோ இருப்பதாகத் தெரிகின்றது. இது எப்படி ? படம். 42-ல் கொடுக்கப்பட்டபடி வெளிச்சமுடைய விண்மீன் வளர்ச்சி பெருமளவேயே மங்கலான விண்மீன் வளர்ச்சி அடையும் நிலையை எப்படி விளக்குவது ?

பொதுப்படையாகக் கொடுக்கப்பட்ட வளர்ச்சி முறையையும் 42 ஆம் படத்தில் கொடுத்துள்ள வளர்ச்சியையும் ஒன்றுக்கொன்று பொருத்தமாக்க வேண்டுமென்றால் வெளிச்சமான விண்மீன் மங்கலான விண்மீனைவிட இளமையாக இருக்கவேண்டும். இது நாம் கருத வேண்டிய ஒரு நிலையாகும். படம் 32-ல் இருந்து ஞாயிற்றுக் குடும்பத்திற்கு அருகில் உள்ள இரண்டு விண்மீன்களை ஒன்று ஞாயிற்றைவிட 100 மடங்குகள் அதிக வெளிச்சமுடைய முக்கிய வரிசையைச் சேர்ந்த ஓர் இளமையான விண்மீனாகவும் மற்றொன்று ஒரு முதிர்ந்த துணைப் பெரு மீனாகவும் தேர்ந்தெடுக்கலாம் என்பது தெளிவாகும். இம்மாதிரியான இரண்டு விண்மீன்கள் ஓர் இரட்டைத் தொகுதியாக அமைந்தால் இது ஓர் ஆல்கோல் வகை இரட்டை விண்மீனாகும். இம்மாதிரியாக இரண்டு தற்செயலான விண்மீன்களின் கூட்டத்திலிருந்து இரண்டுவகை வயதுகளை உடைய விண்மீன்களை ஒன்றாகச் சேர்த்து, முக்கியமாக ஓர் இரட்டைத் தொகுதியாக, ஆல்கோல் இரட்டை விண்மீன்களைப்போல் ஒன்றுக்கொன்று மிக அண்மையில் உள்ளபடி இருக்கும் ஒரு நிலையை நிகழ்ச்சிக்குரியதாக நினைக்கலாமா? இரட்டை விண்மீன்கள் எப்படி ஏற்படுகின்றன என்பதை விளக்கும் கோட்பாட்டிலிருந்து (இதைப்பற்றிப் பின்னொரு அத்தியாயத்தில் காண்போம்) இம்மாதிரியான அமைப்பு முற்றிலும் சாத்தியமில்லை என்பது விளங்கும். இரட்டை விண்மீன்களில் இரண்டு விண்மீன்களும் ஒரே சமயத்தில் கிட்டத்தட்ட ஒரே இடத்தில் தோன்றுவதாக ஆதாரங்கள் உள்ளன. மற்ற வானநூல் அறிஞர்களால் ஒப்புக்கொள்ளப்படும் இந்தக் கருத்தை ஒரு வளர்ச்சிப் புதிராக எண்ணலாம்.

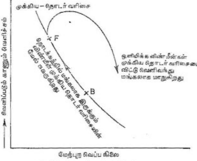
ஒன்று நம்முடைய வளர்ச்சிப் படத்தைப் புறக்கணிக்க வேண்டியதாகும் (அநேக உண்மைகள் காட்சி முறையில் கிடைத்த தகவல்களோடு ஒத்திருப்பதால் இந்த நிலை ஏற்படாது) அல்லது ஆல்கோல் தொகுதிகளை ஒரு தனிப்பட்ட முறையில் உருவாக்கப்

பட்ட தெனக் கருத வேண்டும். இந்த முறையைக் கண்டுபிடிப்பது ஓர் உளவு அறிதலாகும். முதலில் இந்த இரட்டைத் தொகுதி விண்மீன்கள் முக்கிய வரிசையில் இரண்டு தனிப்பட்ட இடங்களை உடையதாக வைக்கலாம். மேலும் உயரே உள்ள விண்மீன் ஞாயிற்றைவிட 400 மடங்குகளுக்கு மேலான வெளிச்சத்தை உடையதல்ல என்றும் வைத்துக் கொள்வோம். அப்பொழுது H. R. படத்தில் முக்கிய வரிசையில் வலது புறமாகத் தள்ளி ஏற்படும் வளர்ச்சியைப் பற்றிய நம்முடைய பொதுக் கருத்துகளைப் பயன்படுத்தலாம். அப்பொழுது முக்கிய வரிசையில் உயரே இருக்கும் விண்மீன் முதலில் வளர்ச்சி பெற வேண்டும். படம் 43-ல் Bயும் Fஉம் முக்கிய வரிசையில் முதல் நிலைகளாக உள்ள ஒரு நிலை ஏற்படும்.

விண்மீன் முக்கிய வரிசையில் முதலில் F என்ற இடத்திலிருந்து வளர்ச்சி பெற ஆரம்பித்தால் அதன் பரிமாணம் அதிகரிக்கும். இரண்டு விண்மீன்களும் அருகாமையில் உள்ள ஓர் இரட்டைத் தொகுதியில் B என்ற விண்மீன் வளர்ச்சி பெறும் விண்மீனுக்குள் இருக்கின்றது. அதாவது நாம் நினைப்பது போல் உட்கோள்களான புதன் வெள்ளி மற்றும் புவி இவையெல்லாம் பெரிய விரிவான ஞாயிற்றுக்குள் இருப்பதாகத் தோன்றும். ஒரு ஒரு விரிவடைந்த ஞாயிறு, புவி போன்ற ஒரு சிறிய பொருளை விழுங்கினாலும் F-ல் இருந்து உருவாகும் ஒரு விண்மீன் B என்ற விண்மீனை விழுங்காது. இந்நிலை தலைகீழாக மாறுகிறது. அதாவது விரிவடைந்த விண்மீன் B என்ற விண்மீனால் விழுங்கப்படுகிறது. இதனால் ஒரு கவர்ச்சியான நிகழ்ச்சி ஏற்படுகிறது.

முக்கிய வரிசையிலிருந்து அப்பால் ஏற்படும் வளர்ச்சி ஒரு ஹீலிய உள்ளகம் விண்மீனின் பொருளை அதிக அளவில் அடைவதினால் ஏற்படுகின்றது. இது மிக உட்புறத்தில் ஹைட்ரஜன் ஹீலிய உள்ளகம் வளர்ந்து இவ்வாறு ஏற்படுகின்றது என்று இதுவரை நினைத்தோம். உள்ளகத்தின் முக்கியத்துவம் அதிகமாவதற்கு இன்னொரு வழியும் உண்டு. ஒரு விண்மீனின் வெளிப்பகுதிகளில் இருந்து ஹைட்ரஜனை நீக்கினால் இவ்வாறு ஏற்படும். B யினால் விழுங்கப்பட்டது என்பதற்கு இதுதான் பொருள். ஆகையில் B யினால் விழுங்கப்பட்டதினால் துணை விண்மீன் முக்கிய வரிசைக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படுவதற்கு மாறாக வளர்ச்சியை ஆதரிக்கின்றது. இதனால் இன்னும் விண்மீன் ஊதுகின்றது. தடை இல்லாமல் வளரும் விண்மீன் பருமன் ஆகும் பொழுது B என்ற விண்மீன் இன்னும் அதிகப் பொருளைச் சேர்த்துக் கொள்ளுகின்றது. இவ்வாறு முதலில் அமைதியாக இருந்த B என்ற

விண்மீன் போகப்போக ஆர்வத்துடன் வளர ஆரம்பிக்கின்றது. இது எங்கு நிறுத்தப்படும்? இது B அதனுடைய துணை விண்மீனைச் சுருங்கும் அளவிற்கு விழுங்கும் வரை. இதனால் நாளடைவில் துணை விண்மீன் சுருங்கித் தன்னைக் கொள்ளையடிக்கும் தோழனை விட்டுத் தப்பி ஓடுகிறது. வளர்ச்சி அடையும் விண்மீன் அதிக

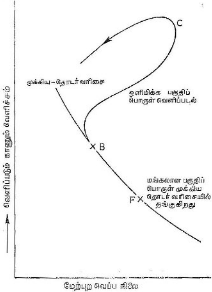


படம் 43. பொருள் மாற்றத்தினால் உருவாகும் ஆல்கோல் இரட்டைத் தொகுதி

மாகப் பொருளை இழப்பதினால் அது போதிய அளவு வெளிச்சமடையாமல் படம் 33-ல் காட்டியுள்ள வளர்ச்சி நிலையை அடைகின்றது. B என்ற விண்மீன் முக்கிய வரிசையில் மேலே செல்லுகிறது. ஏனென்றால், அது பொருள் உள்ளதாகும். வளர்ச்சி அடையும் விண்மீன் H-R படத்தில் வலது புறமாகக் கீழ்நோக்கிச் செல்லுகிறது.

இம்மாதிரியான, நாய், நாயை விழுங்கும் வளர்ச்சி முறைக்கு இரண்டு காரணங்கள் உள்ளன. மேற் சொன்ன வாதத்தின்படி ஆல்கோல் வகை விண்மீன் தொகுதியில் விண்மீன்கள் மிக அருகாமையில் இருக்க வேண்டும் என்று எதிர்பார்க்கிறோம். இது உண்மை. இது தவிர ஒரு விண்மீனிலிருந்து மற்றொரு விண்மீனிற்குப் பொருள் மாற்றம் ஏற்படுவதற்குச் சில அறிகுறிகள் காணப்படவேண்டும். இரண்டு விண்மீன்களுக்கிடையில் இந்தத்

தொகுதிகளில், வாயு சேமிப்புக் காணப்படுகின்றது. காட்சி முறைப்படி இது எதனால் ஏற்படுகிறது என்று தெரியாவிட்டாலும், இது பொருள் மாற்றத்தின் கடைசி கட்டத்திற்கான அறிகுறியாக இருக்கலாம்.



படம் 44. பொருள் மாற்றம் இல்லாத வளர்ச்சி

இன்னொரு புதிய பிரச்சினை ஏற்படலாம். இப்பொழுது வெளிச்சமாக இருக்கும் விண்மீன், முக்கிய வரிசையிலிருந்து தள்ளி, வளர்ச்சி அடைந்தால் என்ன நேரிடும்? இது விரிவடைந்து முன்பு கொள்ளை அடித்த தோழனைச் சூழ்ந்து கொள்ளும்,

அப்பொழுது என்ன நடக்கும் என்பது ஆராய்வதற்கே முடியாத பிரச்சினையாகும். முன்பு கொள்ளை அடித்த விண்மீன் தன்னுடைய குவளை சரிப்படுத்தும் வகையில் (தற்போது) மங்கலான விண்மீனுக்குப் பொருளைத் திருப்பிக் கொடுத்துவிடலாம். அண்டநியதியின்படி இவ்வாறு நடப்பது முறையாகும். ஆனால், இது நடக்கின்றதா இல்லையா என்பது தெரியவில்லை.

ஆல்கோல் தொகுதிகளைப்போல் விண்மீன்கள் நெருங்கி இல்லாமல் தள்ளி இருந்தால் என்ன நேரிடுகிறது என்பதை ஆராய்வது நல்லதாகும். இவை தள்ளி இருப்பதினால் மங்கலான விண்மீன் வளர்ச்சி அடையும் விண்மீனிலிருந்து பொருளைத் திருட முடியாது. அப்பொழுது படம் 44-ல் உள்ளபடி ஒரு நிலை ஏற்படும். இங்கே ஓர் இரட்டைத் தொகுதி முக்கிய வரிசையில் F என்ற விண்மீனையும் படத்தில் உயரத்தில் C என்ற புள்ளி அருகே உள்ள ஒரு விண்மீனையும் உடையதாக இருக்கும். இவை சிறந்த தொகுதிகளாக அமையும். F ஞாயிற்றைவிட 100 மடங்குகளும், B முதலில் ஞாயிற்றைவிட 300 மடங்குகளும் வெளிச்சமாக இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். வளர்ச்சி முறையில் முதலில் B என்ற புள்ளியிலிருந்த விண்மீன் C என்ற புள்ளி அடைந்த பிறகு F ஞாயிற்றைவிட 300,000 மடங்குகள் வெளிச்சமுடைய ஒரு பெரிய சிவப்பு விண்மீனோடு சேருகின்றது. இம்மாதிரியான தொகுதிகள் நமக்குக் காணப்படுகின்றன. இதில் பிரபலமானது V V சிபை (V V Cephei) என்றதாகும்.

ஆல்கோலைப்பற்றிக் கடைசியாக ஒரு குறிப்பு. ஆல்கோல் நான்கு விண்மீன்களை உறுப்பினர்களாக உடையதாகும், இரண்டல்ல. இவைகளில் முக்கியமானதாக உள்ளவை நாம் ஆராய எடுத்துக் கொண்ட இரண்டு விண்மீன்களாகும்—இவைதான் ஆல்கோல் இரட்டைத் தொகுதிகளுக்கு உதாரணமாக உள்ளவை. இவை ஒன்றுக்கொன்று அருகாமையிலுள்ளன. இவை 2 நாட்கள் 20 மணிகள் 49 நிமிடங்கள் கால அளவில் ஒன்றை ஒன்று சுற்றி வருகின்றன. இதர உறுப்பினர்கள் தனித்தனியே உள்ளனர். இவைகளில் மூன்றாவதாக உள்ள விண்மீன் கலை நடுப் புறத்திலுள்ள இரண்டு விண்மீன்களை 1·873 ஆண்டுகளுக்குள் ஒரு முறை சுற்றி வருகின்றது. நான்காவதாக உள்ள விண்மீன் மிகவும் தொலைவில் இருப்பதினால் மற்ற மூன்றையும் சுற்றிவர 188 ஆண்டுகளுக்குமேல் ஆகும். புதன், வியாழன், மற்றும் ப்ளூட்டோ ஆகிய கோள்கள் பெரிய விண்மீன்களாக மின்கும் கொண்டு இருப்பதாக வைப்போம். அப்பொழுது ஞாயிற்றுக் குடும்பம் வியப்படையச் செய்யும் ஆல்கோல் தொகுதியோடு, சிறிதளவு ஒப்பிடக்கூடியதாக இருக்கும்.

12. வெடிக்கும் விண்மீன்கள்
(Exploding Stars)

சந்திரசேகர் எல்லை (Chandrasckhar's limit)

கடைசியாக ஏற்படக்கூடிய படிமுறை வளர்ச்சி அத்தியாயம் 9-ல் கொடுக்கப்பட்டபடி இருக்க வேண்டுமானால், அதன் பொருண்மை சந்திரசேகர் எல்லைக்குக் கீழாகத்தான் இருக்க வேண்டும். இந்தப் படிமுறை வளர்ச்சியின் கடைசிக் கட்டத்தில் சிதைவு விளைவுகள் (degeneracy effects) மூலம் அழுத்தச் சமநிலை காக்கப்பட்டது. இந்த அழுத்தம் பொருள்களை நசுக்குவதிலேயே ஏற்பட்டதாகும். சிதைவு விண்மீனைக் கைவசப்படுத்திய பிறகு விண்மீன் குளிர ஆரம்பித்தது. இந்தக் குளிர்வுதான் H-R படத்தில் விண்மீனின் படிமுறை வளர்ச்சிப் பாதையை வெண் குறுமீன்களின் பகுதிக்கு எடுத்துச் சென்றது.

ஆனல், குறிப்பிட்ட ஒரு கட்டுப்பாடாக விண்மீன்களின் பொருண்மைகள் ஞாயிற்றைப் போல் 1·14 மடங்குக் குறைவாக இருக்கவேண்டும் என்று கூறியதும் நினைவுறுத்த வேண்டும். இது சந்திரசேகர் எல்லைக்குக் குறைவாகும், இல்லாவிடில் சிதைவு அழுத்தச் சமநிலையைக் காக்க முடியாது. நம்முடைய தற்போதைய நோக்கம் சந்திரசேகர் எல்லைக்கு மேற்பட்ட பொருண்மைகளைப்பற்றி ஆராய்வதே. இந்த ஆராய்ச்சி தொடர்ந்து நடத்தினல் வெகு சிறப்பான முடிவுகளைத் தருகிறது.

அழுத்த சமநிலை சிதைவினல் காக்கப்படா விட்டால், இச்சமநிலையைகாக்க ஞாயிற்றில் உள்ளதைப் போன்ற சாதாரணமான அதிக வெப்ப அழுத்தத்தினல்தான் முடியும் என்பதை நினைவில் வைக்கவேண்டும். ஆகையினல் அழுத்தச் சமநிலை காக்கப்பட வேண்டுமானல் விண்மீன் எப்பொழுதும் குளிர்வடையக் கூடாது. குளிர்வு அடையாததினல் விண்மீன் அதன் சூடான

உட்புறத்திலிருந்து வெளிப்பட்டு வரும் ஆற்றலைக் குறைக்க முடிய வில்லை. ஆற்றல் எப்பொழுதும் அதிக வெப்ப நிலையுடைய ஓர் இடத்திலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலையையுடைய ஓர் இடத்திற்குப் பாயும்; எப்படிப் பாய்வது என்ற சிந்தனை தற்போது நமக்குத் தேவை யில்லை. ஆனையினால் ஒரு விண்மீனின் பொருண்மை சந்திரசேகர் எல்லையைக் கடந்த பிறகு, அந்த விண்மீன் அதன் உட்பகுதிகளிலிருந்து மேற்புறத்திற்குப் பாயும் ஆற்றல் பெருக்கை உண்மையாகப் பொருட்படுத்தக்கூடிய அளவில் குறைக்க முடியாது. இது (ஆற்றல்) இங்கிருந்து வானவெளியில் பரவிச் செல்லுகிறது.

இந்த ஆற்றல் இப்பொழுது எங்கிருந்து வருகிறது? விண்மீன் அதன் ஆற்றல் வரவு செலவை எப்படிச் சமப்படுத்துகின்றது? அணுக் கருக்களின் செயல்டுகளிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்திற்குத்தான் ஆற்றல் கிடைக்கும். ஏனென்றால், அணு எரி பொருள் ஒவ்வொன்றும், ஹைட்ரஜனாயினும், ஹீலியமாயினும், அல்லது வேறு எதுவாயினும் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்திற்குத்தான் வாழமுடியும்—கூடிய சீக்கிரமே இவை செலவழிந்துவிடும். ஆகையினால் காலவரையின்றி ஆற்றலைச் சாதிக்கப்படுத்த அணு ஆற்றலை மூல காரணமாய்க் கொள்ள முடியாது. ஒரு மூலப் பொருளை எப் பொழுதும் எடுத்துக்கொள்ளலாம். இது ஈர்ப்பு ஆற்றலாகும். இது விண்மீன் சுருங்குவதினால் கிடைக்கின்றது. ஆகையினால் விண்மீன் அதன் அணுக்களினால் கிடைக்கும் ஆற்றலைச் செலவழித்த பிறகு ஆற்றல் உற்பத்திப் பெருக்கைக் காக்கக் காலவரம்பின்றிச் சுருங்கிக்கொண்டே இருக்குமா? இது முடிவில்லாமலிருக்குமா? இது புவியை விடச் சிறிதாகும்; போகப்போக இன்னும் சிறிதாகவும் சுருங்கிக்கொண்டே போகுமா—ஒருவேளை சில மைல்கள் விட்டத்திற்கு, அல்லது இன்னும் குறைவாகச் சுருங்கிவிடக் கூடுமா?

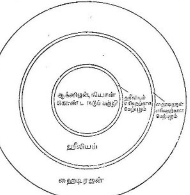
இந்தக் கேள்விகள் மிகவும் குறிப்பிடத்தக்கவைவாக இருப்பதினால் இவைகளுக்கான வாதங்கள் உண்மையாகவே தவிர்க்கமுடியாதனவைதாமா என்று நாம் கேட்கலாம். இந்த வாதத்தில் ஏதாவது தவறு இருக்குமா? மேற்கூறிய விவாதம் தவிர்க்கமுடியாதது, அழுத்தச் சமநிலை காக்கப்பட வேண்டும் என்ற கட்டுப்பாட்டை நீக்கினாலன்றி. ஆனால், இந்தக் கட்டுப்பாட்டை நீக்கினால் இதனால் ஏற்படும் விளைவுகள் பயங்கரமாகும். ஏனென்றால், அழுத்தச் சமநிலை காக்கப்படாவிட்டால் விண்மீன் பயங்கரமாகத் தகர்வு அடைய வேண்டும் அல்லது வெடித்துவிட வேண்டும்.

ஆகையினால், சந்திரசேகர் எல்லையைமீறிய பொருண்மைகளை உடையவைகளானால் விண்மீன்களின் கதி மிகவும் விசித்திரமானவைகளாகும், எந்தவித அமைப்பு முறைகளை அவை பின்பற்றினாலும்சரி. ஒன்று அளவில்லாமல் சுருங்கிக்கொண்டேயிருப்பது. மற்றொன்று, ஒரு நம்பத்தகாத வீழ்ச்சி ஏற்படுவது. இவைகளில் எதை உண்மை நிலை என்று கொள்வது ? பின்னே கொடுக்கப்படும் மிகவும் விரிவான ஆராய்ச்சிக் கருத்துகளிலிருந்து பயங்கர வீழ்ச்சியே உண்மை நிலை என்று கொள்வது பொருத்தமான முடிவாகும்—உண்மையில் இரண்டு வீழ்ச்சி நிலைகள்—முதலில் தகர்வும், பிறகு வெடிப்பும் ஆகும். வெடிப்பு முறை விண்மீனின் பிரச்சினையைத் தீர்க்கும். ஏனென்றால், வெடிப்பினால் விண்மீனிலிருந்து ஏராளமான பொருள் நீக்கப்பட்டு அதன் பொருண்மை சந்திரசேகர் எல்லைக்குக் கீழே ஒரு மதிப்பைப் பெறும். இவ்வாறு ஏற்பட்டவுடன் சிதைவு நிலை ஏற்பட்டு அழுத்தச் சமநிலையைப் பாதுகாக்கும். இதனால் விண்மீன் குளிர்வுறும், பிறகு அமைதியாக வெள்ளைக் குறு மீன்களாக வளர்ச்சி அடையும். இது அத்தியாயம் 9-ல் கொடுக்கப்பட்ட விண்மீன்களின் நிலைகளைப் போலவே வளர்ச்சி முறையை உடையதாகும்.

அணு எரி பொருள் (Nuclear fuels)

ஒரு விண்மீனின் படிமுறை வளர்ச்சிப் பாதையில் பெரும்பாலான வரை, ஞாயிற்றைப் போன்று 3 மடங்குகள் பொருண்மைகளை உடையனவாக வைத்துக் கொள்வோம். அத்தியாயம் 9-ல் உள்ளபடி நிலைமாற்றங்கள் ஏற்படும். ஹைட்ரஜன் எரிப்பினால் விண்மீன் A யிலிருந்து B க்கும், B யிலிருந்து C க்கும் அதன் பாதையில் செல்லும் (படம் 33 ஐப் பார்க்கவும்). ஹைட்ரஜனின் எரிப்பில் இந்த நிலைகளில் உள்ளகம் வளர்ச்சி அடையும். கடைசியாக, C யின் அருகில் உள்ளகத்துடன் ஹீலியத்தின் சேர்க்கையினால் ஏற்படும் ஈர்ப்பு ஆற்றல் உள்ளகத்தைப் போதிய அளவு வெப்பமூட்டி ஹீலியம்—எரிப்பு வினைவுகளைத் துவக்கிவிடும் —இது 100 மில்லியன் டிகிரிகளுக்கு மேலான வெப்ப நிலையில் ஏற்படும். அப்பொழுது இரு மூல விண்மீன் (double-source star) உண்டாகிறது. அதாவது அணுவினைவுகளினால் இருவகைகளில் ஏற்படும் ஆற்றல் உற்பத்தியை உடைய விண்மீன்களாகும். ஒன்று மையத்தின் அருகில் ஹீலியம்—எரிப்பினாலும், மற்றொன்று தொலைவில் ஏற்படும் ஹைட்ரஜனின் எரிப்பினாலும் உற்பத்தியாகின்றது. ஹீலியம்—எரிப்பு வினைவினால் ஆக்சிஜன்—நியான் உட்புற உள்ளகம் ஒன்று உண்டாக்கப்பட்டு, இது படம் 45-ல் உள்ள அமைப்பை உடையதாக இருக்கும்.

படம் 45-லிருந்து ஹீலியம்—எரிப்புத்தோல் வெளிப்புறமாக உள்ள ஹைட்ரஜன் பகுதியிலிருந்து தொடர்ச்சியாக உள்ள ஹீலியப் பகுதியினால் பிரிக்கப்படும் என்பது தெரிகின்றது. இதனால்



படம் 45.

ஹைட்ரஜன் ஹீலியம்–எரிப்பினால் உண்டாகும் பொருள்களோடு எப்பொழுதும் கலக்கப்படுவதில்லை என்பது தெரிகின்றது, இந்தக் கருத்து பெரும்பாலும் சரியானதாக இருக்கலாம். ஆனால், ஒரு சிறிதளவு ஹைட்ரஜன் ஹீலியம் எரிப்புப் பகுதியில் புகுந்தாலும், மிகவும் முக்கியமான துணை விளைவுகள் ஏற்படும். ஃபௌலர்(W. A. Fowler) ஜி. பர்பிரிட்ஜ்(G. Burbridge) மற்றும் எம். பர்ப்ரிட்ஜ் (M. Burbridge) இவர்களின் ஆராய்ச்சிப்படி மிகவும் முக்கியமானவை.

$Ne^{20}(p, \gamma)\ Na^{21}$ — Ne^{20}-உடன் புரோட்டான் சேர்ந்து Na^{21} என்ற சோடியத்தின் ஐசோடோப் (11 புரோட்டான்கள், 10 நியூட்ரான்கள் கொண்டவை) கிடைக்கின்றது, கதிரியக்கம் வெளிப்படுகின்றது.

Na^{21} (β) Ne^{21}	Na^{21} ஒரு β-முறைப்படி Ne^{21} என்று மாறும் (10 புரோட்டான்களும், 11 நியூட்ரான்களும் கொண்டவை.)
Ne^{21} (He^4, n) Mg^{24}	Ne^{21}-உடன் He^4 சேர்ந்து மெக்னீஷியத்தின் ஐசோடோப்பாகிய (12 புரோட்டான்களும்,12 நியூட்ரான்களும் கொண்டவை) Mg^{24} கிடைக்கின்றது. ஒரு சுயேச்சையான நியூட்ரான் வெளிப்படுகின்றது. இந்த வினைவுகள் சுயேச்சையான நியூட்ரான்கள் உற்பத்தியாவதற்கு மூலமாக இருக்கும்.

இந்தப் பொருளில் சிறிதளவு இரும்பு வகையைச் சேர்ந்த உலோகங்கள் இருக்கின்றன. இவை விண்மீனின் தொடக்க காலத்திலிருந்தே அதனுடன் இருக்கின்றன. சுயேச்சையான நியூட்ரான்கள் இந்த உலோகங்களால் சேர்த்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. இதனல் இன்னும் அதிக எடையுடைய தனிமங்கள் உருவாகின்றன. மேலும் Ne^{20} சிறிதளவு ஹைட்ரஜனை சேர்த்துக்கொண்டாலும், துத்தநாகத்தைவிட அதிக எடைகளையுடைய ஆர்சனிக் (arsenic) மற்றும் ஸ்ட்ரான்ஷியம் (strontium), வெள்ளி வெள்ளீயம் (tin), பேரியம் (barium), தங்கம் (gold), பிளாட்டினம் (platinum), ஈயம் (lead), யூரேனியம் ஆகிய தனிமங்களை உற்பத்தியாக்குவதற்கு ஏற்ற அளவு சுயேச்சையான நியூட்ரான்களைக் கொடுக்கும். விண்மீன்களின் உட்புறங்களில் இவ்வாறுன வினைவுகள் ஏற்படாவிட்டால் புவியில் பொன்ளே அல்லது யூரேனியமோ இருக்கமுடியாது. இதனல் அணு ஆற்றல், மற்றும் அணுக்குண்டுகள் இருக்கமுடியாது. தென் ஆப்பிரிக்காவிற்கு வேறு பொருளியல் திட்டம் வகுக்கவேண்டும்.

இதுவரை சந்திரசேகர் எல்லைக்குக் கீழ்ப்பட்ட பொருண்மையை உடைய விண்மீனிற்கும் இவைகளிற்கும் உள்ள முக்கிய வித்தியாசம் யாதெனில் ஹீலியம் எரிப்பு ஆரம்பமாகும் பொழுது வெளிப்போர்வைகளில் இன்னும் அதிக அளவு ஹைட்ரஜன் காணப்படுகிறது.

இன்னும் அதிக அளவு ஹீலியம் எரிக்கப்பட்டால் இன்னுமொரு முக்கிய வித்தியாசமேற்படும். ஆக்ஸிஸன்-நியான் உள்ளகம் பொருண்மையில் அதிகரித்து சந்திரசேகர் எல்லையை அடைந்தவுடன் ஒரு முக்கியச் சுருக்கம் ஏற்படுகின்றது (ஏனென்றால் உள்ளகத்தில் அழுத்தச் சமநிலை தகர்வினல் காக்கப்படாது).

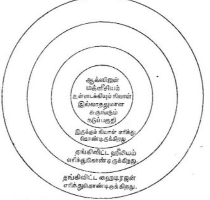
ஆகையினால் விண்மீனை படம் 45-ல் உள்ள அமைப்பை உடையதாகக் கருதலாம். இதன் உட்பகுதிகள் சில மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு மெதுவாகச் சுருங்கிக்கொண்டே யிருப்பதாகக் கருதலாம். விண்மீன் சுருங்கும் பொழுது அதன் உட்புற வெப்பநிலை 300 மில்லியன் டிகிரிகளுக்கு மேலாக அதிகரிக்கும். 300 மில்லியன் டிகிரிகளில் ஆக்சிஜனும் நியானும் மந்தமாக இருந்தாலும், வெப்பநிலையைப் போதிய அளவு அதிகப் படுத்தினால் இவை மந்தமாக இருப்பதில்லை. அதிகரிக்கும் வெப்பத்தினால் புதிய அணுவிளைவுகள் கூடிய சீக்கிரமே ஆரம்பிக்கப்படும். பொருளை ஆராய்ந்தால் முதலாக ஏற்படும் விளைவு Ne^{20} என்ற தனிமத்திற்காகும். இந்த விளைவு சுமார் 600 மில்லியன் டிகிரிகளில் ஏற்படும்.

நியான் அழிக்கப்பட்டு அதற்குப் பதில் மெக்னீஷியம் உற்பத்தியாகிறது. இந்த நியான் எரிப்பு விண்மீனுக்கு ஒரு தற்காலிக வளர்ச்சிக் கட்டத்தை உண்டாக்குகின்றது. இந்தக் கட்டத்தில் அணுவிளைவுகளினால் விண்மீனின் உட்பகுதிகளில் ஆற்றல் சமநிலை காக்கப்பட்டு வருகிறது. இந்த நிலையில் விண்மீனின் ரசாயன அமைப்பு முன்னைவிட மிகவும் சிக்கலானது. படம் 46-ல் உள்ள நான்கு பகுதிகளைப் பிரித்து அறியலாம். மிகவும் உட்புறமாக உள்ள பகுதி நியான் எரிப்புடன் கூடிய ஆக்சிஜன், மெக்னீஷியம் ஆகிய தனிமங்களை உடையதாகும்; அடுத்தது ஆக்சிஜனும், நியானும் உள்ள பகுதி; இதற்கடுத்தாற்போல் ஹீலியம் உள்ள பகுதி; கடைசியாக வெளிப்புற ஹைட்ரஜன் தோல் இருக்கின்றது. இந்த வெவ்வேறு பகுதிகளிடையேயும் ஒருவிதக் கலப்பு ஏற்படுகின்றது. ஆனால் தற்கால ஆராய்ச்சி நிலையில் இதைப் பற்றிக் குறிப்பாக எதுவும் கூறுவதற்கில்லை.

விண்மீனின் உட்புறங்கள் நியானை இழந்த பிறகு இந்த முறை மறுபடியும் ஏற்படுகிறது: உட்புறங்கள் சுருங்கி உட்புற வெப்பநிலை இன்னும் அதிகரித்து ஒரு புதிய அணுவிளைவு ஏற்படுகிறது. இதற்கு அடுத்த கட்டம் ஆக்ஸிஜன் எரிப்பாகும். இந்த நிலையில் ஏற்படும் விளைவுகள் மிகவும் நுணுக்கமானவை யாகையால் இவற்றைப்பற்றி விரிவாகக் கூறாமல் அவைகளின் முடிவுகளை மட்டும் கூறுவோம். இதில் முக்கியமானது சிலிக்கோனைச் சேமிப்பது. இந்தச் சிலிக்கோன் புவியில் பாறைகளை ஏற்படுத்த மிகவும் தேவையான கூட்டுப் பொருளாகும். ஆக்சிஜன் எரிப்பினால் ஏற்படும் சிக்கலான விளைவுகளினால் இன்னும் பல தனிமங்கள் உற்பத்தியாகின்றன. இவைகளில் மிகவும் ஏராளமாகக் கிடைக்கக் கூடியவை கந்தகம் (sulphur), அலுமினியம், கேல்ஷியம் (calcium), ஆர்கான் (argon) மற்றும் பல தனிமங்கள்—ஃபாஸ்

ஃபரஸ் (phosphorus), குளோரின் (chlorine), பொட்டாஷியம் (potassium) ஆகும். இவ்வாறு கிடைத்த அணுக்கருக்களில் மிகவும் பெரியது சுமார் 40 துகள்களை (particles) உடையதாகும்; உதாரணமாக Ca^{40} என்ற கேல்ஷியத்தின் ஐஸோடோப் 20 புரோட்டான்களையும், 20 நியூட்டிரான்களையும் உடையதாகும். இவை கிடைப்பதற்கு வேண்டிய வெப்பநிலை 1,500,000,000 டிகிரிகள் அளவில் இருக்கும்.

இந்த நிலைக்குப் பிறகு விண்மீனின் ரசாயன அமைப்பு ஆறு முக்கியப் பகுதிகளாக அதிகரிக்கின்றது. மெக்னீஷியம், அலுமினியம், சிலிகோன், ஃபாஸ்ஃபரஸ், கந்தகம், குளோரின், ஆர்கான்,



படம் 46. திட்டப்படி வரையப்பட்ட நான்கு பிரிவுகளைக்கொண்ட ஒரு விண்மீன்

பொட்டாஷியம், கேல்ஷியம் இவைகளைக் கொண்டதும் மற்றும் ஆக்சிஜனை எரிக்கும் மிக உட்புறமாக உள்ள ஒரு பகுதி; இரண்டாவதாக ஆக்சிஜன், சோடியம், மெக்னீஷியம் இவைகளைக் கொண்ட நியானை எரிக்கும் ஒரு பகுதி; மூன்றாவதாக ஆக்சிஜனையும், நியானையும் கொண்ட கார்பனை எரிக்கும் ஒரு பகுதியும்;

நான்காவதாக ஆக்சிஜன், கார்பன் மற்றும் நியான் இவைகளைக் கொண்ட ஹீலியத்தை எரிக்கும் ஒரு பகுதியும்; ஐந்தாவதாக ஹீலியம் மட்டும் உள்ள ஒரு பகுதியும், கடைசியாக ஹைட்ரஜனைக் கொண்ட வெளித்தோலும் இருக்கும். மறுபடியும் இப்பகுதிகளுக்கிடையில் கலப்படம் ஏற்படலாம்.

காலப் போக்கில் ஆக்சிஜன்- எரிப்புக்கட்டம் முடிந்தவுடன் சுருங்கல் மறுபடியும் ஆரம்பிக்கிறது. ஆக்சிஜன் உட்பகுதிகளில் தீர்ந்து விட்ட பிறகு இந்நிலை ஏற்படுகிறது. வெப்பநிலை அதிகரிக்க ஒரு புதிய விளைவு முக்கியமானதாகிவிடும். 1,000 மில்லியன் டிகிரிகளுக்கு மேல் வெப்பநிலை அதிகமானால் விண்மீனின் உட்புறக் கதிரியக்கம் மிகச்சிறிய அலை நீளத்தை உடைய γ- கதிர்களாகும். இதன் செறிவும் மிகவும் அதிகமாக இருக்கும். இக்கதிரியக்கத்தினால் உண்டாக்கப்படும் அழுத்தத்தின் அளவு ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு 100,000,000,000,000,000 ராத்தல்களாகும் என்பதிலிருந்து தெரிகின்றது. (புவியின் வளிமண்டலத்தின் அழுத்தம் ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு 15 ராத்தல்களாகும்). இந்தநிலையில் கதிரியக்கம் அணுக்கருக்களிலிருந்து துகள்களைப் பிரித்து விடுகின்றது. இது வெப்பநிலை 2,000 மில்லியன் டிகிரிகளாக ஆனவுடன் மிகத்தீவிரமாகிவிடும். (அணுக்கருக்களிலிருப்பது துகள்கள் உதைத்துத் தள்ளப் படுவதை ஓர் அணுவிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் பிரித்தெடுக்கப் படுவதோடு ஒப்பிட்டுக் குழப்பமடையக் கூடாது — இரண்டாவதாகச் சொல்லப்பட்ட இது மிகவும் எளிதான ஒரு நிலையாகும். இந்த விண்மீன்களின் எந்த அணுக்களிலும் எலெக்ட்ரான்கள் நிலையாக இணைக்கப்பட்டிருக்காது).

2,000 மில்லியன் டிகிரிகளில் துகள்கள் அணுக்கருவிலிருந்து இடித்துத் தள்ளப்படுவது ஓர் அணுக்கருவும் நிலையாக இருக்காது என்பதைக் காண்பிக்கிறது. இவை எல்லாவற்றிலிருந்தும் துகள்கள் இடித்துத் தள்ளப்படுகின்றன. கெட்டியாக இணைக்கப்பட்ட சிலிக்கோனின் அணுக்கருவும் இந்நிலைக்குள்ளாகிறது. ஆனால் இதனால் அணுக்கருக்கள் ஒவ்வொன்றும் நியூட்ரான்களாகவும், புரோட்டான்களாகவும் பிரிக்கப்பட்டுவிடும் என்று சொல்வது சரியாகாது. ஏனென்றால், பிரிக்கப்பட்ட துகள் மற்றொரு அணுக்கருவோடு சேர்ந்து விடும்; உதாரணமாக ஓர் அணுக்கருவிலிருந்து பிரிக்கப்படும் புரோட்டான் வெகு விரைவிலேயே மற்றொரு அணுக்கருவோடு சேர்ந்து விடும்.

இந்தச் சிக்கலான நிலைகளில் என்ன நடக்கும் என்பதைக் கணக்கிட்டு அறியலாம் என்றால் இது விந்தையாக இருக்கும்.

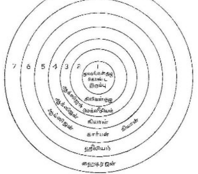
உண்மையில் இது சாத்தியமானதாகும். வெப்பநிலை அடிக்கடி இடித்துத் தள்ளப்பட்டு மறுபடியும் இன்னொரு அணுக்கருவோடு சேர்வதற்கு ஏற்றபடி போதிய, அளவிலிருந்தால் (அதாவது சுமாராக 2,000 மில்லியன் டிகிரிக ளளவில்) ஒரு விதச் சராசரி முறைப்படி கணக்கீடு நேரிடையாகவும் எளிதாகவும் இருக்கும். இந்தக் கணக்கீட்டின் முடிவும் வித்தையாக இருக்கின்றது. அணுக்கருக்கள் பிரிக்கப்படாமல், நேர்மாறான முறையில் இன்னும் அதிகப் பளுவான அணுக்கருக்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. கணக்கீட்டு முறைப்படி 2 அல்லது 5 ஆயிரம் மில்லியன் டிகிரிகள் வெப்பநிலையில் முன்னிருந்த அணுக்கருக்கள் — முக்கியமாக மெக்னீஷியம், அலுமினியம், சிலிக்கோன், ஃபாஸ்ஃபரஸ், கந்தகம், குளோரின், ஆர்கான் மற்றும் கேல்ஷியம் ஆகியவை—முற்றிலும் வேறு அணுக்கருக்களாக மாற்றப்படுகின்றன—டைட்டேனியம் (titanium), வெனேடியம் (vanadium), குரோமியம் (chromium), மங்கனீசு (manganese), இரும்பு, கோபால்ட் (cobalt), நிக்கல் (nickel), செம்பு, (copper) மற்றும் துத்தநாகம் (zinc) ஆகியவை. கடைசியாகக் கொடுக்கப்பட்ட இவைகளுள் இரும்பு அதிகமாகக் காணப்படும், பிறகு நிக்கல், குரோமியம், மங்கனீசு மற்றும் கோபால்ட் என்ற வரிசைக்கிரமத்தில் இருக்கும். இவை இயற்கை ரீதியில் உள்ளன.

கூட்டமைப்பில் தனிமங்கள் 'சிலிக்கோன் வகையிலிருந்து' 'இரும்பு வகைக்கு' மாறும் பொழுது ஆற்றல் கிடைக்கும். ஆகையினால் மறுபடியும் விண்மீனின் உட்புறங்களுக்கு ஆற்றல் சேமிப்பு கிடைக்கின்றது. இந்தச் சேமிப்புத் தீர்க்கப் படும் வரையில் (அதாவது சிலிக்கோன் வகையிலிருந்து முற்றிலும் இரும்பு வகைக்கு மாற்றப்படும் வரை) விண்மீனின் உட்புறங்கள் சுருக்கமடையாது. இது வரையில் இப்பகுதிகளின் வெப்பநிலை 2,000 மில்லியன் டிகிரிகளுக்கு மேல் உயராது. முற்றிலும் இரும்பு வகைக்கு மாற்றப்பட்ட பிறகு நடுப்பகுதிகள் மறுபடியும் சுருங்க ஆரம்பித்தால் விண்மீனின் ரசாயன அமைப்பு மிகவும் பலதிறப்பட்டதாகிவிடுகின்றது. இப்பொழுது படம் 47-ல் காட்டியுள்ளபடி அநேக பொதுப் பகுதிகளை உடையதாகும். உட்பகுதியில் இரும்பு வகையைச் சேர்ந்த தனிமங்கள் இருக்கும். வெப்பநிலை 2000 மில்லியன் டிகிரிகள்கூட இல்லாமல் பகுதி 2-ல் சிலிக்கோன் வகைத்தனிமங்கள்; பகுதி 3-ல் வெப்பநிலை இன்னும் குறைவாக இருக்கும். ஆக்சிஜன் எரிப்பு முடிந்திருக்காது; பகுதி 4-ல் நியான் எரிப்பு முடிந்திருக்காது; பகுதி 5-ல் கார்பன் எரிப்பு முடிந்திருக்காது; பகுதி 6-ல் ஹீலியம் இன்னும் இருக்கும்; ஏழாவது பகுதி வெளிப்புற ஹைட்ரஜன் தோலாகும், ஆகையினால், விண்மீன்

ஹீலியம் முதல், கார்பன், ஆக்சிஜன், நியான் உட்பட இரும்பு, கோபால்ட், நிக்கல், செம்பு மற்றும் துத்தநாகம் வரையிலுள்ள எல்லாத் தனிமங்களையும் உடையதாகும். ஆனால், விண்மீனின் வெவ்வேறு கூட்டங்களாக இருக்கும். இது முற்றிலும் வேறான பொருளமைப்புடைய ஒரு வெங்காயத்தின் தோல்களைப் போல் இருக்கும்.

அணுக்குளிர் ஊட்டம் (Nuclear refrigeration)

படிமுறை வளர்ச்சியில் இந்தக் கட்டத்தில் கொடிநிலை உருவாக்கப்படுகிறது. விண்மீனின் இரும்பு உள்ளகத்தில் ஏற்படும்



படம் 47. திட்டப்படி வரையப்பட்ட ஏழு பகுதிகளை உடைய ஒரு விண்மீன்

அணு வினைகள் விண்மீன் அதன் ஆற்றலை வெகுவாக இழப்பதற்கு மிகவும் சாதகமாக அமையும். இதற்கு ஏற்ற வகையில் புரோட்டான்களை நியூட்ரான்களாக மாற்றும் β முறைகள் அமையும். இப்பொழுது, β முறைகளில் நியூட்ரான்கள் வெளிப்பட்டு இவைகளால் கடத்திச் செல்லப்படும் ஆற்றலை விண்மீன் இழக்க நேரிடுகிறது. இந்த ஆற்றல் இழப்பு 2,000 மில்லியன் டிகிரிகளுக்கு மேலான வெப்ப நிலையில் மிகவும் கூர்மையாகி இந்த நிலையில்

கதிரியக்கத்தினால் ஏற்படும் ஆற்றல் வெளிப்பாட்டில் அது இழக்கும் ஆற்றலை விட அளவில் அதிகமாகும். இதனால், நியூட்டிரினோக்களின் மூலம் இழக்கும் ஆற்றலைச் சரிகட்டுவதற்காக விண்மீன் இன்னும் வேகமாக சுருங்க நேரிடுகிறது. ஈர்ப்பு ஆற்றல் இன்னும் வேண்டிய அளவு ஆற்றலைத் தருகின்றது. இழந்த ஆற்றலை அடையவும், அழுத்தச் சமநிலையைக் காக்கவும் இது உதவுகிறது. ஆகையினால், தகர்வு நிலை தற்காலிகமாகத் தவிர்க்கப்படுகின்றது. ஆனால், ஆற்றல் சமநிலையைக் காக்க வெப்பநிலை போகப் போக அதிகரிக்க வேண்டும். இதனால் நியூட்டிரினோக்களின் வெளிப்பாட்டின் மூலம் இழக்கப்படும் ஆற்றல் அதிகரிக்கும். இந்த நிலையில் விண்மீன் ஒரு வெறித்த (desperate) நிலையை அடைகின்றது. இதன் ஆற்றல் இழப்பு அதிகரிப்பதினால் இதைச் சரிக்கட்ட இன்னும் வேகமாகச் சுருங்க வேண்டும். உட்புற வெப்பநிலை 3,000 மில்லியன் டிகிரிகளுக்கு அதிகரித்தவுடன் ஓர் ஆண்டில் முன்பு மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கான சுருக்கத்தைவிட இந்தச் சுருக்கம் கருதத்தக்க அளவிலிருக்கும். உட்புற வெப்பநிலை 4,000 மில்லியன் டிகிரிகளானால், சுருக்கம் ஒரு மாதத்திற்குப் பிறகுதான் கருதத்தக்க அளவிலிருக்கும்—இன்னும் அதிக அளவு வெப்பநிலையில் சுருக்கம் இன்னும் விரைவாக இருக்கும்.

இருப்பினும் கடைசியில் ஏற்படும் விபத்திற்கு நியூட்டிரினோக்களிழப்பு ஆதாரமாகாது. மிகவும் நெருக்கடியான நிலையில் இருக்கும் விண்மீன் இன்னும் மாற்ற முடியாத ஒரு வளர்ச்சி முறைக்கு இலக்காகிறது. இந்த நிலைதான் முடிவாக்கும் செயல் உருவாக்குகிறது. துகள்கள் அணுக் கருக்களிலிருந்து இடித்துத் தள்ளப்பட்டு இதர அணுக்கருக்களோடு சேர்வது மிகவும் சரியான படி கணக்கிட்டறியக் கூடியதாகும் என்பதை மேலே விவரித்தோம். இந்தக் கணக்கீட்டின் மூலம்தான் சிலிக்கோன் வகைத் தனிமங்களிலிருந்து 'இரும்பு வகைத்' தனிமங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன என்பதை அறிந்தோம். இது 2,000 மில்லியன் டிகிரிகள் வெப்பநிலையில் ஏற்படும். இப்பொழுது, வெப்பநிலை அதிகரித்துக் கொண்டே போனால் 5,000 மில்லியன் டிகிரிகள்வரை 'இரும்பு வகை'த் தனிமங்கள் அப்படியே காக்கப்படுகின்றன. இந்த வெப்பநிலையில் ஒரு முனைப்பான மாற்றம் ஏற்படுகின்றது. விண்மீனின் மிகவும் உட்புறப் பகுதியில் உள்ள பொருள் இரும்பு வகையைச் சேர்ந்ததாக நில்லாமல் கூட்டமைப்பில் ஒரு திடீர் நிகழ்ச்சி ஏற்படுகின்றது. பொருள் மறுபடியும் ஹீலியமாக மாறுகின்றது. இது எதிர்பார்க்கப்படாத ஒரு நிலையாகும். விண்மீனின் உட்புறப் பொருள் மாற்றத்தை நாம் கவனித்து வந்தோம். முதலில் ஹைட்ரஜனிலிருந்து ஹீலியமாகவும் பிறகு ஹீலியத்திலிருந்து

கார்பனாகவும், ஆக்சிஜனாகவும், நியானாகவும், பிறகு கார்பன், நியான், ஆக்ஸிஜன் இவைகளிலிருந்து (இதே வரிசைக் கிரமத்தில்) சோடியம் முதல் கேல்ஷியம் வரை உள்ள தனிமங்களாகவும்— சிலிக்கோன் வகை, இதிலிருந்து இரும்பு வகையாகவும் மாற்ற மடையும் என்பதைப் பார்த்தோம். இப்பொழுது 5,000 மில்லியன் டிகிரிகளில் ஹீலியத்திற்கு மறுமாற்றம் அடைகின்றது. இது மிகவும் வியப்பூட்டுவதாக இருந்தாலும், இது சரியானதே என்பதில் ஐயமில்லை. இதற்கான கணக்கீட்டு முறைகள் மிகவும் பிரசித்தமானதும், நம்பத் தகுந்ததுமான கொள்கையைப் பின்பற்றியவையாகும். ஆகையினால் இந்தக் கணக்கு முறையில் யாதொரு ஐயமும் கிடையாது—பொருள், கிட்டத்தட்ட 5,000 மில்லியன் டிகிரிகளளவில் வெப்பநிலை இருக்கும்பொழுது முற்றிலும் ஹீலியமாகத்தான் மாறவேண்டும்.

நகர்வு (The collapse)

விண்மீனின் உட்புறங்கள் இப்பொழுது ஒரு நெருக்கடியான நிலையில் இருக்கின்றன. ஹீலியத்திலிருந்து இதைவிடப் பளுவான தனிமங்களாக மாற்றப்படும்பொழுது படிப்படியாகக் கிடைக்கும் ஆற்றலைத் திடீரெனத் திருப்பிக் கொடுக்கவேண்டிய கட்டம் ஏற்படுகிறது. 'இரும்பு வகையை' மறுபடியும் ஹீலியமாக மாற்றுவதற்கு முன்பு கிடைத்த அளவு ஆற்றலோ திரும்பவும் செலவிட வேண்டும். பல பில்லியன் ஆண்டுகளாகக் கடனாகக் கிடைத்த ஆற்றலைக் கொண்டு வாழ்ந்த விண்மீன் இப்பொழுது திடீரென ஆற்றலை யாதொரு தாமதமும் இல்லாமல் திருப்பிக் கொடுக்க வேண்டியதாகிறது. ஆகையினால், விண்மீன் இயல்பாக அதன் ஈர்ப்புப் புலன்களைக் கொடுக்கும்படி எதிர்பார்க்கின்றது. விண்மீனின் உட்புறம் சுருங்குகின்றது. ஆனால், தேவையான ஆற்றல் மிகவும் அதிகமாக இருப்பதால் இந்தச் சுருக்கத்தினால் கிடைக்கும் ஆற்றல், மேற்சொன்ன ஆற்றல் கடனைத் திருப்பிக் கொடுக்கவோ அல்லது அழுத்தச் சமநிலையைக் காக்கும்பொருட்டு வெப்பநிலையை அதிகரிப்பதற்கோ போதியதாகாது. என்ன நடக்கும் என்பதைச் கணக்கிட்டால் ஆற்றலைத் திருப்பிக் கொடுக்கும்பொழுது அதன் அளவு அழுத்தச் சமநிலையைக் காக்க இயலாமல் செய்து விடும். ஞாயிற்றின் உட்புறத்தில் அழுத்தச் சமநிலை குலைந்தால் அரை மணி நேரத்தில் ஒரு பெருங் கேடு விளைவிக்கும் தகர்வு ஏற்படும் என்பதை அத்தியாயம் 8-ல் பார்த்தோம். நம்முடைய விண்மீனைப் பொறுத்தவரை இது இன்னும் அதிகமாகும். தொன்மையான படி முறை வளர்ச்சிக் காலம் முழுவதும் சுருங்கிக்கொண்டேயிருந்ததினால் இந்த விண்மீனின் உட்பகுதிகளிலுள்ள பொருளின்

அடர்த்தி ஏராளமாக அதிகரிக்கப்பட்டு விட்டது—விண்மீனின் மையத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்ட பொருளை ஒரு தீப்பெட்டியில் அடைத்தால் அதன் அடர்த்தி 100 லிருந்து 1,000 டன்கள் வரை இருக்கலாம். இந்த அடர்த்தியில் கேட்டுத் தகர்வு ஞாயிற்றை விட அதிக விரைவாக நேரிடும். இந்தத் தகர்வு ஒரு நொடியில் ஏற்பட்டுவிடும். மனிதக் கடவுளி எவனும் இவ்வளவு திடீரென அதிர்ச்சியாய் வீழ்ந்ததில்லை.

வெடி நிலை (The explosion)

ஆனால், விண்மீன் சிறந்த முறையில் தன்னை மீட்டுக் கொள்ளுகிறது. விண்மீனின் உட்புறங்களில் ஆற்றல் குறைந்தால் அதன் வெளிப் புறங்களில் அளவுக்கு மீறி உற்பத்தியாகின்றது. உட்புறங்களின் தகர்வு வெளிப்புறங்களைப் பாதுகாத்து வருவதற்கான அழுத்தத்தை அகற்றி விடுகிறது. எப்படிப் புவியில் உட்புறம் தகர்வடைந்தால் வெளி ஓடுகளைப் புவியின் ஈர்ப்புப் புலன்கள் உட்புறமாக இழுத்துவிடுமோ அதேபோல் ஆகும். ஆகையினால் விண்மீனில் வெளிப் புறங்களின் அழிவூட்டும் உள்வீழ்ச்சியும், உட்பகுதிகளின் உள் வீழ்ச்சியும் ஏற்படுகிறது. உட்பகுதிகளின் உள்வீழ்ச்சி மேலும் ஒரு சிறந்த நிலையினால் கட்டுப் படுத்தப்படுகிறது. உள்வீழ்ச்சி ஈர்ப்பு ஆற்றலை வெளிப்படுத்துகிறது. இதனால் வெளிப் பகுதிகளிலுள்ள வெப்பநிலை அதிகரிக்கின்றது. வெப்பநிலை அதிகரித்தால், வெளிப் பொருள்களில் ஏற்படும் அணு விளைவுகள் விரைவுபடுத்தப்படுகிறது. விண்மீனின் வெளிப் பகுதிகளில் ஏற்படும் செயற்பாடுகள் ஆற்றல் உற்பத்தி வகையைச் சேர்ந்தவை யாதலின், இது போதிய அளவு தீவிரமாக இருந்தால், இதன் விளைவு விண்மீனின் வெளிப்புறத்தில் ஆற்றலை பகுதியாக ஆக்கிவிடுவதே யாகும். கணக்கிட்டுப் பார்த்தால், ஆக்சிஜன் எரிப்புப் பகுதியில் வெப்பநிலை 3,000 மில்லியன் டிகிரிகளுக்கு மேலானதானால், ஆற்றல் வெளிப்பாடு மிகவும் விரைவாக இருக்கும். ஆக்சிஜன் எரிப்பினால் வெளிப்படும் ஆற்றல் முழுவதுமே ஒரு நொடியில் உற்பத்தியாகி விடும். இதை விண்மீனின் தகர்விற்கு வேண்டிய கால அளவிற்கு ஒப்பிடலாம். இதன் உட்கிடை எது எனில், விண்மீனின் வெளிப் பகுதிகளில் வெடிப்பு ஏற்படுகிறது. இந்த நிலை பலவகையில் ஒரு புது மீனின் வெடிநிலைக்கு ஈடாகும். ஆனால், தற்போதைய வெடிப்பு மிகவும் அதிக அளவில் இருக்கும்.

விண்மீனின் வெளிப்பகுதிகளிலிருக்கும் பொருள் எவ்வளவென்று குறிப்பாகத் தெரிந்தால் எவ்வளவு ஆற்றல் வெளிப்படுத்தப்படும் என்பதைக் கணக்கிட்டு விடலாம். ஞாயிற்றின்

பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளில் ஒரு நொடியில் அணு விளைவுகளால் வெளிப்படுத்தப்படும் ஆற்றல், ஞாயிற்றில் 1,000 மில்லியன் ஆண்டுகளில் அணு விளைவுகளினால் வெளிப்படுகின்ற ஆற்றலுக்குச் சமமாகும். இதிலிருந்து அணு விளைவுகளினால் அற்புதமிக்க அளவில் ஏற்படும் வெடி நிலையைப் பற்றி ஒரு கவர்ச்சியான தெளிவு கிடைக்கும். இந்த விளைவுகள்தான் விண்மீனின் திடீர்த் தகர்விலும் வெளிப்படும் சாம்பு ஆற்றல் வெப்ப நிலையை அதிகரித்து ஆக்சிஜன் எரிப்பு, நியான் எரிப்பு இவைகளை உண்டாக்குகிறது. விண்மீனின் உட்புறம் தகர்வடைவதினால் வெப்பநிலை திடீரென அதிகரிக்கப்பட்டு ஒரு வெடி நிலையை ஏற்படுத்த ஏதுவாகிறது.

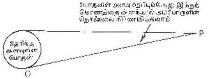
வெளிப்படுத்தப்படும் ஆற்றல் விண்மீனின் வெளிப்புறங்களை நொடிக்கு 2,000 முதல் 3,000 கிலோ மீட்டர் வேகத்தில் இயங்க வைக்கும். இது (ஆற்றல்) ஞாயிற்றைப் போன்று 200 மில்லியன் மடங்கு கதிர்வீச்சைப் பல நாட்கள் வரை விண்மீன் வெளிப்படுத்துவதற்குப் போதுமானது. இத்தகைய பண்புகளை உடைய வெடிக்கும் விண்மீன்கள் இருப்பதை அறிகிறோம். இவைகள் சிறப்புப் புதுமீன்கள் (supernovae) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவை மிகவும் வெண்மையாக வெடிக்கும் சாதாரணப் புதுமீன்களிலிருந்து வேறுபடுத்துவதற்காக இவ்வாறு அழைக்கப்படுகின்றன. ஒப்பீட்டுக்காக எடுத்துக் கொண்டால் ஒரு சாதாரணப் புதுமீன் ஞாயிற்றின் பொருண்மையில் பத்தாயிரத்தில் ஒரு மடங்கு பொருண்மையுடைய பொருள் திரட்டை வெளிப்படுத்தும், ஆனால் ஒரு சிறப்புப் புதுமீன் கிட்டத்தட்ட ஞாயிற்றின் பொருண்மை அளவு பொருள் திரட்டை வெளிப்படுத்தும். இதுவல்லாமல் ஒரு சிறப்புப் புதுமீனின் வெளிச்சம், வெடிக்கும் பொழுது ஒரு சாதாரண புதுமீனின் வெளிச்சத்தைப் போல 10,000 மடங்குகள் இருக்கும். சிறப்புப் புதுமீன்களுக்கும், சாதாரணப் புதுமீன்களுக்கும் இவ்வளவு பெரிய வித்தியாசங்கள் இருப்பினும் இந்த இருவகை வெடிப்புகளுக்கும் ஒரு முக்கிய நுண்முறைக் கூறு பொருளின் வெளிப்பாட்டு வேகம் ஆகும். இதற்குக் காரணம் இந்த இரண்டுவித வெடிப்புகளும் அணு விளைவுகளால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்ற ஆற்றலை வெளிப்படுத்தி இந்த வெளிப்பாட்டிற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுடைய பொருள் அளவுக்கு இரண்டு நிகழ்ச்சிகளிலும் ஒரே அளவு ஆற்றலைக் கொடுக்கும். சிறப்புப் புதுமீனுக்கும், சாதாரணப் புதுமீனுக்கும் உள்ள வித்தியாசம், புதுமீனின் மூல அளவுடைய பொருளிலிருந்து மிகவும் அதிக ஆற்றல் வெளிப்படுவதில் அல்லாமல், சிறப்புப் புதுமீனில் அதிகப் பொருள் வெளிப்படுவதேயாகும். இது இரண்டு-

லும் வெளிப்படும் பொருள் அளவில் உள்ள வேறுபாட்டிலிருந்தும், வெடிப்பில் ஏற்படும் ஒளியின் அளவிலிருந்தும், இரண்டும் சிறப்புப் புதுமீனில் 10,000 மடங்கு அளவில் அதிகமாக இருப்பதினால் தெரிகின்றது.

ஒரு புதுமீனிலிருந்து வெளிப்பட்ட பொருள் திரட்டைப் படம் XXIX-ல் காணவும். இந்தச் சிறப்புப் புதுமீன் A. D. 1054-ல் ஏற்பட்டது. ஐரோப்பிய ஆவணங்களில் (records) இதைப்பற்றி யாதொரு காலக் குறிப்பும் கிடையாது. ஆனால், சீன வானநூல் அறிஞர்கள் இதை மிகவும் கவனமாகப் பதிவு செய்திருக்கிறார்கள். இவர்களின் எழுத்தாய்வுகளிலிருந்து பாடே என்பவர் இந்த வெடிப்பின் போது இயல்புகளைப் புத்தாக்கம் செய்திருக்கிறார். இதிலிருந்து இந்த இயல்புகள் நம்காலத்தில் காணப்படும் சிறப்புப் புதுமீன்களின் இயல்புகளோடு மிகவும் ஒத்திருக்கின்றது என்பதையும் காட்டியிருக்கிறார். (இதைப்பற்றி இன்னும் விரிவாகக் கீழே குறிப்பிடுவோம்). நண்டு நெபுலா (Crab Nebula) என்று கூறப்படும் படம் XXIX-ல் கொடுக்கப்பட்ட வாயுப் பொருள்கள் இன்னும் நொடிக்கு 1,000 கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தில் வெளிப்புறமாகப் பெருகியோடுகின்றன. இது சிறப்புப் புதுமீனின் வெடிப்புக்கு மிகவும் குறைந்த வேகமாகும். ஆனால், இந்த வெடித்தல் முதலில் காணப்பட்டு இப்பொழுது 900 ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டதினால், மேலும் இந்த வாயுக்கள் வெளிப்புறமாக இவ்வளவு காலமும் நொடிக்கு 1,000 கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தில் இயங்கிச் செல்வதினால், இவை பெருமளவும் விரிவடைந்திருக்க வேண்டும் ஓர் எளிய கணக்கீட்டிலிருந்து படம் XXIX-ல் உள்ள வாயு மேகம் சுமாராக 2 பார்செக்ஸ் குறுக்களவு உடையதாகும் என்பதைக் காணலாம்.

இது ஒரு முக்கியமான பிரச்சினையை எழுப்புகிறது. அத்தியாயம் 10-ல் கொடுக்கப்பட்ட இரண்டு முக்கிய முறைகளைத் தவிர வேறு ஒரு முறையில் வானத் தொலைவுகளைக் கண்டறிவதுண்டு. இங்கு இவ்வாறான ஒரு நிலை ஏற்பட்டிருக்கின்றது. விரிவின் பொது நேர் வேகத்தையும் (general velocity of esxpansion) நண்டு நெபுலாவின் வயதையும்—இது சுமார் 900 ஆண்டுகளாகும். தெரிந்து கொண்டால், இதிலிருந்து ஒரு எளிய கணக்கீடு நெபுலாவின் பரிமாணத்தைக் கொடுத்து விடுகின்றது என்பதைப் பார்த்தோம். ஆனால் ஒரு பொருளின் உண்மையான பரிமாணம் நமக்குத் தெரிந்தால், இதைக் கொண்டு உடனடியாகவே அதன் தொலைவை அதன் பரிமாணத்தைக் கொண்டு கணக்கிட்டு விடலாம்—இது தான் மனிதனின் கண்கள் தொலைவை அறியும் (மதிப்பிடும்) வித

மாகும். இம்முறை எப்படிப் பயன்படுகிறது என்பதைப் படம் 48-ல் காணலாம். P என்பது ஒரு பார்வையாளராகவும், O என்பது காணவேண்டிய ஒரு பொருளாயும் வைப்போம். அப்பொழுது O வின் வெளிப்படைப் பரிமாணம் இப்பொருள் P என்ற இடத்தில் கொண்டுள்ள கோணத்தினால் கொடுக்கப்படும். இந்தக் கோணம் இப்பொருளின் பரிமாணத்தை மட்டுமன்றி, P யிலிருந்து இதன் தொலைவையும் பொறுத்திருக்கின்றது. ஒரு பொருளின்,



படம் 49. தொலைவைக் கண்டு பிடிப்பதற்கான அளவுகோல் முறை

இவை நன்கு தெரியா என்று வைப்போம், தொலைவைக்கண்டு பிடிக்கவேண்டுமானால், அப்பொருளின் கோணத்தை மட்டும் அளந்தால் போதாது. அதன் உண்மைப் பரிமாணமும் தெரிய வேண்டும். இல்லாவிட்டால் முடியாது. உதாரணமாக ஒரு சீரான பனிப்பகுதிப் பரப்பின் (uniform snowfield) தொலைவைக் கண்களால் மதிப்பிட முடியாது. ஏனென்றால், ஒப்பிடுவதற்குத் தேவையான தெரிந்த பரிமாணமுள்ள பொருள் ஒன்றும் கிடைக்காது. இந்த முக்கிய உண்மையை மலை ஏறுபவர்கள் அறிவார்கள். மலையின் ஏற்றப்படி முறையை மதிப்பிடும் பிரச்சினை அதன் காடு முதலான அமைப்புகளைப் பொறுத்திருக்கும்; அதாவது மரங்களைகள், பாறை (பெருங்கல்) உச்சிகள், பனிப்பிளவுகள் முதலியவற்றின் அளவுகளைப் பொறுத்து மலையேறும் பிரச்சினை அமையும். இவைகளின் வெளிப்படைப் பரிமாணங்கள் தெரிந்தால் மலையின் தொலைவைக் கணக்கிடலாம், நண்டு நெபுலாவின் தொலைவைக் கணக்கிடுவது போன்று நண்டு நெபுலாவின் தொலைவு சுமாராக 1,000 பார்செக்ஸ்களாகும், அதாவது சுமாராக 4,000,000,000,000,000 அளவிற்கு மைல். புவியில் மிகவும் உயரமான எவரெஸ்ட் சிகரத்தின் ஏற்றப்படியை விட அதிகமானதாகும்.

இந்த முறையில் தொலைவை அளப்பதை, முதல் சொன்ன இரண்டு முறைகளோடு சேர்த்துவிடலாம். இந்த முறையைப் பொது அளவு கோல் முறை (standard yard-stick) எனலாம்.

ஒரு பொது அளவு முகப்பு விளக்குமுறை எப்படி நமக்குத் தெரிந்த இயல்பு வெளிச்சமுடைய ஓர் ஒளித் தோற்றுவாயின் காட்சியைப் பொறுத்திருக்கிறதோ அதேமாதிரி பொது அளவு கோல் முறையும் ஒரு நீள வடிவான தெரிந்த பரிமாணமுடைய பொருளின் காட்சியைப் பொறுத்திருக்கும். பொது அளவு கோல் முறையை வானநூலில் இதுவரை வெகுவாகப் பயன்படுத்தவில்லை. ஆனால் முடிவில் மிகவும் அதிகத் தொலைவுகளை, அதாவது பல மில்லியன் பார்செக்ஸ் தொலைவுகளிலுள்ள அண்டங்களின் தொலைவுகளைக் கண்டுபிடிக்க இந்த முறை மிகவும் பயன்படக் கூடியதாகும் என்பதற்கு ஏற்ற அறிகுறிகள் இருக்கின்றன.

சிறப்புப் புதுமீனின் பிரச்சினையும், நண்டு நெபுலாவுக்கும் இதற்கும் உள்ள தொடர்பும் என்ன என்ற பொது பிரச்சினையும், A. D. 1054-ல் வெடித்த விண்மீனின் பகுதிகள் வேறு ஏதாவது இப்பொழுது காணப்படுகின்றனவா என்ற வினாவை எழுப்புகின்றன. இந்த மிகுதிப் பகுதிகள் இருக்க வேண்டும் என்று எதிர்பார்க்கலாம்; ஏனென்றால் அப்பொழுது ஏற்பட்ட வெடிப்பு மிகவும் கடுமையானாலும் அது மொத்த விண்மீனையும் அழித்து விடப் போதுமானதாகாது. நண்டு நெபுலாவின் நடுப்பகுதிகளில் காணப்படும் அநேக விண்மீன்களில் ஒன்றுமட்டும் மிகவும் தனிப்பட்டதாக இருப்பது மிகவும் கவனிக்கத்தக்கதாகும். அதனால் இதை A. D. 1054-ல் ஏற்பட்ட சிறப்புப் புதுமீனோடு இணைப்பது இயல்பாகும்.

வெடித்ததுக்குப் பிறகு விண்மீனின் பகுதிகள் எஞ்சியிருக்க வேண்டும் என்று எதிர்பார்த்தல், இந்தப் பகுதிகள் கடைசியில் வெள்ளைக் குறுமீன் நிலைக்குச் செல்ல வேண்டும் என்று சொல்லத் தூண்டுகிறது. இந்த வெடிப்பு விண்மீனைப் போதிய அளவு அதன் பொருளை இழக்கச் செய்து, சந்திரசேகர் எல்லைக்கும் கீழான பொருண்மையை உடையதாக்குகின்றன. இதற்குப் பிறகு படிமுறை வளர்ச்சி, அத்தியாயம் 10-ல் கொடுக்கப்பட்ட விண்மீன்களின் கடைசி வளர்ச்சிக் கட்டத்தைப் போன்று அமையும். வெள்ளைக் குறுமீன்களில் கவனிக்கத்தக்க மிகச் சிறந்த வகைகள் இருக்கின்றன. இவை சிறப்புப் புதுமீன்களில் எஞ்சிய பகுதிகள் எனலாம். சிரியஸ் என்ற விண்மீன் ஓர் இரட்டைத் தொகுதியின் உறுப்பாகும். இதன் துணைப்பகுதி (மற்றொரு உறுப்பு) ஞாயிற்றைவிடச் சற்றுக் குறைவான பொருண்மையை உடைய வெள்ளைக் குறுமீனாகும். புரோசியான் (Procyon) என்ற விண்மீனும் ஓர் இரட்டைத் தொகுதியைச் சேர்ந்தது. இதன் துணைப் பகுதி ஒரு வெள்ளைக் குறுமீனாகும். தற்பொழுது சிரியஸும் புரோ

சோனாலும் அவைகளின் தொகுதிகளில் முதன்மையாக இருந்தாலும் ஒரு காலத்தில் அவை சிறிய நிலையில் இருந்திருக்க வேண்டும். ஆனால், அவைகளின் இறுதி அணிப் பகுதியின் முகளில் முக்கிய வரிசையில் உயர்ந்த இடங்களைப் பெற்றவையாம். அதிகப் பொருண்மைகளை உடையவையும் இருந்ததினால் அவைகளின் படிமுறை வளர்ச்சி முடிவடைந்திருக்க வேண்டும். இப்பொழுது சிரியஸ், புரோசியானும், முன்பிருந்த பட்டு முழுவதையும் இழந்து இப்பொழுது இயக்கும் தறுவாயில் உள்ள விண்மீன்களாந் அணிகளாக உடையனவாகும். இவ்வாறு தான் அளவு சிறித் செய்தும் எல்லா விண்மீன்களின் வாழ்க்கையும் முடியும்.

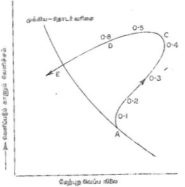
அவறிய சிறப்புப் பெருமீன்களின் கதி (The fate of the missing supergiants)

நம் படிமுறை வளர்ச்சி சித்திரம் ஒரு புதிய முரண்பா(டான) தோற்றத்தைக் கொடுக்கின்றது. இது நமக்கு அத்தியாயத்தில் கொடுக்கப்பட்ட வகைக் கோட்பாட்டைச் சிறிது மாற்ற உதவுகிறது. படம் 49 என்பது படம் 33-ன் மறுபதிவம். இதைவிடச் சிறந்த கோட்பாட்டைக் கொடுப்போம். பயன்படுத்தப்பட்ட ஹைட்ரஜனின் பொருண்மை குறுகத்தக்க அளவு சந்திரசேகர் எல்லையை மீறவில்லை. விண்மீன் படம் 49-ல் கொடுக்கப்பட்ட படிமுறை வளர்ச்சி வரியத்தை ஒட்டிச்செல்லும். பயன்படுத்தப்பட்ட ஹைட்ரஜன் இந்த அளவை மீறினால் விண்மீன் சிறப்புப் பெரு மீனை மேற்கொள்ள முறைப்பட வெடித்துவிடும்.

இங்கு இரண்டு மாறுபட்ட காரணங்கள் இருக்கின்றன. படம் 49-ல் உள்ள வரியத்தின் வழியே ஏற்படும் படிமுறை வளர்ச்சி விண்மீனின் உள்ளகத்தின் எவ்வளவு பொருண்மை இருக்கின்றது என்பதைப் பொறுத்திருக்கிறது. இதற்குப் பொருத்தமான விதிகள் படம் 49-ல் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. உதாரணமாக, விண்மீனின் பொருண்மையில் 40 சதவீதம் அதன் உள்ளகத்தில் இருக்கும்பொழுது அது வரியத்தின் உச்சியில் இருக்கும். ஆனால், கொள்கைப்படி, உள்ளகத்திலுள்ள பொருண்மையின் மொத்த அளவைப் பொறுத்திருக்குமே தவிர இது விண்மீனின் மொத்தப் பொருண்மையில் என்ன வீதம் என்பதைப் பொறுத்திருக்காது. தெளிவாக, சூரியனில் பொருண்மையில் 1·5 மடங்கு பொருண்மையை உடைய ஒரு விண்மீன் இதன் மொத்தப் பொருண்மையும் உள்ளகத்தில் அடங்கினாலும் வெடித்திட முடியாது. ஆகையினால் இவ்வாறான விண்மீன் அதன் வளர்ச்சி வரியத்தில் குறித்த கட்டத்தை அடையும் வரை வெடிக்காது. ஆனால் சூரியனைப் போன்று 15 மடங்கு பொருண்மையை உடைய ஒரு

விண்மீன், நம் கோட்பாட்டின்படி, 10 சதவீத அளவில் அதன் ஹைட்ரஜன் செலவழிந்த பிறகு வெடித்து விடும். இவ்வகை விண்மீன் படிமுறை வளர்ச்சிப் பாதையின் துவக்கத்திலேயே சிதைவடைந்து விடும். ஒரு விண்மீன் முக்கிய வரிசையில் இடது புறமாக வளர்ச்சி அடைய வேண்டுமானுல் அதன் பொருண்மை ஞாயிற்றின் பொருண்மையை விட 6 மடங்குகளுக்கு மேல் இருக்கக்கூடாது.

இது தவறிய சிறப்புப் பெருமீன்களின் புதிர்மானத்தை விளக்குவதுபோல் தோன்றும். முந்திய அத்தியாயத்திலிருந்து,



படம் 49. வளர்ச்சிமுறைக் கோட்பாடு

படம் 49-ல் A என்ற புள்ளி முக்கியவரிசையில் போதிய உயரத்தில் இருந்தால் அப்பொழுது விண்மீன் வளைந்த வளர்ச்சிப் பாதை வழியே வளர்ச்சி யடையாது என்பதற்குச் சிறந்த ஆதாரம் இருக்கின்றது என்பது தெரியவரும். இது எவ்வாறு என்பதைப் பார்ப்போம். வளர்ச்சி முன்னேற்றம் சிதைவினுல் தடைசெய்யப் படுவதினுலாகும். இளமையிலிருக்கும் தொடக்கக் கொத்துக்களின் H–R படம் ஏன் படம் 37-ல் காட்டப்பட்டிருப்பது போல் அமையும் என்பதை அறிஓேம் ; அதாவது முக்கிய வரிசையின்

வலப்பக்கத்தில் வெகு தூரத்திற்கு ஒரு விண்மீன்கூட இல்லாமல் கொத்தில் மிகவும் அதிகப் பொருண்மையை உடைய விண்மீன்கள் முக்கிய வரிசையில் சிறிது வளர்ச்சி அடைந்த பிறகு வெடித்து மிகுதியுள்ள ஹைட்ரஜனையும் இழந்து விடுகிறது. இதனால் விண்மீனில் எஞ்சிய பொருள் படத்தில் ஒரு புதிய இடத்தை அடைகிறது. இது வெள்ளைக் குறுமீன்களுக்குச் செல்லும் வழியில்அமையும்.

விண்மீன்கள் அவைகளின் வளர்ச்சிப் பாதையில் ஓரளவு இயங்கும்பொழுது அவை வெடித்து விடலாம் என்று எதிர் பார்ப்பது சரி. பிரீஸிபே (Praesepe) என்ற கொத்தில் ஏற்படுவது இதற்கு ஆதாரமெனக் கொள்ளலாம். படம் 39-லிருந்து இந்தக் கொத்தின் வளர்ச்சி முதலில் முக்கிய வரிசையில் ஆரம்பிக் கின்றது எனவும் இதன் வளர்ச்சியின் பின் நிலைகள் யாது என்பது தெரிவதில்லை எனவும் அறியலாம். வளர்ச்சி, கடைசியாக உள்ள விண்மீன்களின் இடம் எங்கு இருக்கின்றதோ அதுவரை சென்று அதற்குப் பிறகு வெடிப்பு ஏற்படுகின்றது என்று விளக்கம் கூறலாம்.

இரண்டுவகைச் சிறப்புப் புதுமீன்கள் (The two types of Supernova)

நம் கருத்துக்களை ஒரு சுவையான சோதனைக்குள்ளாக்கு வோம். விண்மீன்கள் அவைகளின் உள்ளகப் பொருண்மை சந்திரசேகர் எல்லையைக் கடந்தவுடன் வெடிப்பது உண்மை யானால் அப்பொழுது மொத்தப் பொருண்மையும் இந்த எல்லை யைச் சற்றுக் கடந்தவுடனேயே சிறப்புப் புதுமீன்கள் உற்பத்தி யாகவேண்டும். இவை வளர்ச்சிப் பாதையில் பின் கட்டங்களில் ஏற்படும் வெடி நிலைகளை ஒத்திருக்கும். இந்த நேர்வு வகைகளில் (cases) கருதத்தக்க அளவில் பொருண்மைகளை அதிக அளவில் உடைய விண்மீன்களில் ஏற்படும் வெடிப்பைப் போன்றல்லாமல் ஒரு முக்கிய மாறுபாட்டை உடையனவாக இருக்கும். இவைகளில் முதலிலிருந்த ஹைட்ரஜனில், வெடிக்கும் தறுவாயில் சிறிது கூட மீதியிருக்காது. ஆகையினால், சில வகைகளில், சிறப்புப் புது மீன்களிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் வாயுக்களில் வெகு சிறி தளவே ஹைட்ரஜனை எதிர்பார்க்கலாம். இவ்வகைகள், நாம் முதலில் நினைப்பது போன்று அவ்வளவு அரிய நிகழ்ச்சிகளாகா. ஏனென்றால், ஞாயிற்றைவிட 1·5 மடங்கு பொருண்மை யுடைய விண்மீன்கள், ஞாயிற்றைவிட 15 மடங்கு பொருண்மையை உடைய விண்மீன்களைக் காட்டிலும் வெகுவாக (அடிக்கடி) காணப்படுகின்றன. ஆகையினால் ஹைட்ரஜன் குறைவாக உள்ள

சிறப்புப் புது மீன்கள் பொருண்மை வரம்பின் ஒரு நிறுவலாக இருந்தாலும் இந்த நிலைகளுக்குள்ள விண்மீன்கள் வெகுவாக உள்ளன.

தமக்குத் தேவையான பண்புகளை உடைய இருவகைச் சிறப்புப் புதுமீன்களை மின்கௌஸ்கி (Minkowski) என்பவர் கண்டறிந்திருக்கிறார். இவை ஹைட்ரஜனற்ற சிறப்புப் புதுமீன் களைவும் அதாவது வகை I (Type I) வகையும், ஹைட்ரஜன் நிரம்பிய விண்மீன்களையும், அதாவது வகை II (Type II) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. நன்கு தெரிந்த I வகையைச் சேர்ந்ததாகத் தோன்றுகிறது. மற்றொரு வித்தியாசம் யாதெனில் வகை I-ல் வெளிப்படும் ஆற்றல், வகை II-ல் வெளிப்படும் ஆற்றலை விட அளவில் குறைவானது என்பதே. ஏனென்றால் வகை I-ல் உள்ளதுபோல, வகை II-ல் ஆக்ஸிஜன் எரிப்பினால் ஏற்படும் வெடிப் பைத் தவிர, நியான் எரிப்பு, கார்பன் எரிப்பு இவைகளினால் ஏற்படும் வெடிப்புகளிலிருந்தும் ஆற்றல் கிடைக்கிறது, மற்றும் வகை II-ல் ஹைட்ரஜன் எரிப்பினால் ஏற்படும் வெடிப்பிலிருந்தும் ஆற்றல் கிடைக்கிறது. இத்தகைய நிகழ்ச்சி வகை I-ல் இல்லாததினால் ஆற்றல் அளவு (மொத்தத்தில்) குறைகின்றது என்பதாகும். இந்த கருத்து கோட்பாடு சரியானதா அல்லது தவறானதா என்பதைத் திட்டமாகச் சொல்ல முடியாது. ஏனெனில் விரிவடைவதில் நேர்வேகம் வகை II-ல், வகை I ஐக் காட்டிலும் அதிகமாக இருப்பது போலத் தோன்றுகிறது. இது நாம் முன்னறி யாதக் கூறியபடியே உள்ளது. ஆனால், நாம் காணக்கூடிய அள வில் வகை II ஐச் சேர்ந்த சிறப்புப் புதுமீன்களின் ஒளிர்வும், உண்மையில் வகை I ஐச் சேர்ந்த சிறப்புப் புதுமீன்களின் வெளிச் சத்தைக் காட்டிலும் குறைவாகவே இருக்கின்றது. இது ஓர் உண்மையான முரண்பாடு எனக் கருதமுடியாது. ஏனென்றால், நாம் காணும் வெளிச்சம் அதே நிலைகளில் நாம் காணக்கூடிய எல்லைகளுக்குள்ளிருக்கும் ஒளியை மட்டுந்தான் பொறுத்திருக்கும். ஒரு பெரிய அலைநீளத்தில் வெளிப்பாடு வகை II-ல், வகை I-ல் இல்லாமல், உண்மையாக வெகு வலுவான ஆதாரம் இருக்கின்றது. ஆகையால், மொத்தத்தில் வகை II சிறப்புப் புது மீன்களில் வெளிப்பாடாகும் கதிர்வீச்சும், வகை I சிறப்புப் புது மீன்களில் வெளிப்பாடாகும் கதிர்வீச்சைக் காட்டிலும் அதிகமாகும் என் பது தெளிவாகிறது.

தனிமங்களின் மூல அமைப்பு (The origin of the elements)

ஒரு விண்மீனின் வளர்ச்சிப் பாதையில் பல ரசாயனத் தனி மங்கள் உற்பத்தியாகின்றன என்பதைப் பார்த்தோம். இது அவை

களின் உட்புறத்தில் ஏற்படும் அணு விளைவினால் ஏற்படுகின்றது. குறிப்பாகக் கார்பனிலிருந்து துத்தநாகம் வரை உள்ள எல்லாத் தனிமங்களும் அவைகளின் ஐசோடோப்புகளும் இதைத் தவிர, இந்தத் தனிமங்கள் அனைத்தும் அநேகமாக ஒரே அளவில் உற்பத்தி யாக்கப்படுகின்றன. புவியிலும், ஞாயிற்றைப் போன்ற இதர விண்மீன்களிலும் இந்த உற்பத்தி ஏற்படுகின்றது. இதிலிருந்து விண்மீன்களின் உட்புறங்களில் தனிமங்கள் உற்பத்தியாகின்றன என்று சொல்லலாம்.

இந்தக் கருத்திற்கு முன்பு தெரிவிக்கக் கூடிய இடர்ப்பாடு களும் இப்பொழுது மறைந்து விடுகின்றன. முன்பு ஒரு குறிப்பிட்ட விண்மீனின் ஆழமான உட்பகுதிகளில் பொருள் உற்பத்தியாக்கப் படும் என்று சொல்வது ரசாயனத் தனிமங்களின் மூல அமைப் பிற்குத் தகுந்த விளக்கமாகாது என்று வாதாடி யிருக்கலாம். ஏனென்றால், இப்பொருள்கள் அவைகளின் மூல விண்மீன்களி னுள்ளேயே தங்கிவிடும் என்பதினால். ஆனால், இப்பொழுது தனிமங்களை உற்பத்தி செய்யும் விண்மீன்களே வானவெளியில் சிறப்புப் புது மீன்களாக மாறி இந்த முறையில் அவைகளின் பொருள்களைச் சிதறி விடுகின்றன என்று காண்கிறோம். இந்தச் சிதறும் முறையை நண்டு நெபுலாவைப் போன்ற அமைப்புகளில் (படம் XXIX) காணலாம். கடைசியாக நண்டு நெபுலாவின் பொருள் என்னவாகின்றது? இது இன்னும் படர்ந்து செல்ல மெல் லியதாக ஆகிவிடும். கடைசியாக இந்தப் பொருளில் சிறிதளவு விண்மீன்களின் இடை வெளியில் உள்ள சாதாரண வாயுக் களோடு மோதும் (படம் XI) சிறப்புப் புது மீன்களின் பொருள் சாதாரண விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்களோடு கலந்து விடும். இதற்குப் பிறகு இவை புதிய விண்மீன்களாகக் குளிர் வடைய உதவும். நண்டு நெபுலாவிலுள்ள பொருளில் சில இடை-வெளி வாயுக்களோடு மோதாமலிருக்கலாம். இவைகளின் அதிக வேகத்தின் காரணமாக நம் அண்டத்தை விட்டு வெளியேறி, மற்ற அண்டங்களின் இடைவெளியில் புகுந்து விடும்.

இம் முறையில்தான் பேரண்டம் ஹைட்ரஜனைத் தவிர மற்ற எல்லாப் பொருள்களையும் உற்பத்தி செய்கின்றது என்பதற்கு உட னடியாக அளவு ரீதியான ஆதாரத்தைக் கொடுக்கலாம். ஞாயிற்றி லுள்ள ஹைட்ரஜனின் எடை கார்பனிலிருந்து துத்தநாகம் வரை உள்ள தனிமங்களைப் போல் 100 மடங்கு பெரிதாகும் என்ற உண்மை விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுவில் ஒரு சதவீதம் (ஞாயிறு இடைவெளி வாயுவினால் ஆக்கப்பட்டதென வைத்து) சிறப்புப் புது மீன்களிலிருந்து ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும் என்று

கொள்ளலாம். ஹைட்ரஜனல்லாத பொருளின் மொத்த இருப்பை விளக்கக் கூடிய அளவு போதிய சிறப்புப் புது மீன்கள் உள்ளனவா?

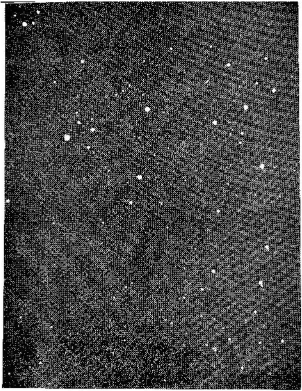
விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்களின் மொத்த அளவு எவ்வளவு என்பது திட்டமாகத் தெரியாது. ஒரு நியாயமான மதிப்பீட்டின்படி இது சூரியனின் பொருண்மையைப் போல் 200,000 மில்லியன் மடங்குகளாகும் எனலாம். அதாவது விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்கள் சூரியனைப் போன்ற அளவுடைய பொருள்களாகச் சேர்ந்தால் 20,000 மில்லியன் பொருள்களைச் செய்யலாம் என்பதாகும். கார்பனிலிருந்து துத்தநாகம் வரை உள்ள தனிமங்கள் மொத்தத்தில் ஒரு சத வீதமாகும். இது இந்தத் தனிமங்களின் பொருண்மையைச் சூரியனைப் போன்று சுமார் 200 மில்லியன் மடங்குகளாக்கும். இந்த மதிப்பீட்டை 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் ஏற்பட்ட நம் அண்டத்தில் உள்ள சிறப்புப் புது மீன்களிலிருந்து கிடைத்த பொருள் திரட்டோடு ஒப்பிட வேண்டும். இதில் முக்கியமாக வகை II-ஐச் சேர்ந்த சிறப்புப் புது மீன்களிலிருந்து அதிகமாகக் கிடைத்திருக்கலாம். வகை II-ஐச் சேர்ந்த சிறப்புப் புது மீன்கள் சூரியனைப் போன்று இரண்டு மடங்குக்கும் அதிகப் பொருண்மையுடைய விண்மீன்களிலிருந்து உண்டாக்கப்பட்டன என்பதைப் பார்த்தோம். இந்த விண்மீன்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிட்டு விடலாம். சூரியனுக்கு அண்மையிலுள்ள பகுதிகளில் காணும் விண்மீன்களில் 300-ல் (முந்நூறில் ஒன்று) சூரியனைப் போல இரண்டு மடங்கு பொருண்மையுடையதாகும். விண்மீன்களின் மொத்த எண்ணிக்கையை 30,000 என்று வைத்தால் வகை II சிறப்புப் புதுமீன்கள் 100 மில்லியன்களாகும். சராசரியில் ஒவ்வொரு சிறப்புப் புதுமீனும் இரண்டு சூரியனைப் பொருண்மை அளவில் கார்பனிலிருந்து துத்தநாகம் வரை உள்ள தனிமங்களை உருக்கினால் நமக்குத் தேவையான அளவு பொருள் கிடைக்கின்றது. இந்த ஒற்றுமை, நம்முடைய கணக்கீட்டில் உள்ள சில நிச்சயமற்ற பகுதிகளை வைத்துப் பார்க்கும்பொழுது, எதிர்பார்க்கக்கூடிய அளவு சிறந்ததெனவே கருதலாம்.

ரசாயனத் தனிமங்களைப் பற்றிய நம் ஆராய்ச்சியை முழுமை பெற்றதாகக் கருத முடியாது. ஏனென்றால், எண்ணிக்கையில் 12-லிருந்து ஏறக்குறைய 66 வரையில் புரோட்டான்களையும், நியூட்ரான்களையும் உடைய அணுக் கருக்களைக் கொண்ட தனிமங்களையே தெளிவாக எடுத்துக்கொண்டோம். 12-க்குக் குறைவான எண்ணிக்கையை உடைய தனிமங்களில் ஹைட்ரஜன் ஆரம்ப நிலையுடையதாகும். ஹீலியம் போதிய அளவு ஏற்படுத்தப்பட்டு

விட்டது. ஏனென்றால், கார்பனிலிருந்து துத்தநாகம் வரை சிறப்புப் புதுமீன்களிலிருந்து வெளிப்படும் தனிமங்களோடு ஹீலியமும் வெளியேற்றப்படுகின்றது. மீதியாக உள்ள தனிமங்களில் எண்ணிக்கையில் 12 அணுத் துகள்களுக்கும் குறைவானதாக இருப்பவை லிதியம் (lithium), பெரிலியம் (berylium) மற்றும் போரான் (boron) என்பவை. இந்த மூன்று தனிமங்களுக்கும் இப்பொழுதும், இவைகள் எவ்வாறு உற்பத்தியாக்கப்படுகின்றன என்று ஓரளவு நமக்குத் தெரிந்தபோதிலும், நிலைமை முற்றிலும் திருப்தியானதாகச் சொல்ல முடியாது.

66-க்கும் மேலான புரோட்டான்களையும் நியூட்ரான்களையும் உடைய காலியம் (gallium) முதல் யூரேனியம் (uranium) வரை உள்ள தனிமங்கள், தற்போது, புவியிலும் விண்மீன்களிலேயும் வெகு குறைவாகவே இருக்கின்றன. காலியம் முதல் யூரேனியம் வரை உள்ள 62 தனிமங்களின் அளவு மொத்தத்தில் கார்பன் முதல் துத்தநாகம் வரை உள்ள 25 தனிமங்களின் அளவைப் போல் 1 சதவீதத்தில் நூற்றில் ஒரு பங்கு இருக்கின்றது. ஆகையினால், இந்த உயர்ந்த தனிமங்களின் ஆக்கம் ஒரு கரை முறையாகத்தான் (marginal process) இருக்க வேண்டும். இதற்குத் தகுதியான ஒரு விளக்கம் 244-ம் பக்கம் கொடுக்கப்பட்ட முறையைத் தழுவியதாக இருக்கும்.

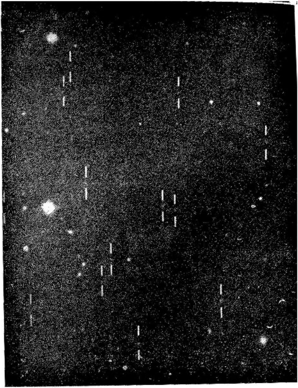
சிறப்புப் புதுமீன்கள் விண்மீன் இடைவெளி வாயுவோடு சேர்க்கும் பொருள்களைப்பற்றி இப்பொழுது மறுபடியும் எடுத்துக் கொள்வோம். நம்முடைய வாதத்தில் ஒரு பிரச்சினையை விட்டு விட்டோம். அதைப்பற்றி இப்பொழுது ஆராய்வோம். ஹைட்ரஜனைத் தவிர மற்றத் தனிமங்கள் இப்பொழுது குளிர்வடைந்துவரும் விண்மீன்களில் எப்படிக் காணப்படுகின்றன என்பதைக் காண்பது எளிது—இத் தனிமங்கள்தான் கடந்த காலத்தில் வெடித்த விண்மீன்களால் வழங்கப்பட்டவை. விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்களுக்குப் பல சிறப்புப் புதுமீன்களால் தனிமங்கள் சேர்க்கப்படுவதற்கு முன்பு நம் அண்டத்தின் சரித்திரகால முதலில் அமைக்கப்பட்ட விண்மீன்களைப்பற்றி நாம் என்ன கூறலாம்? இந்த விண்மீன்களுக்கு அவைகளின் தனிமங்கள் எங்கிருந்து கிடைத்தன? இதற்கு ஒருவகை விடையாதெனில், மிகவும் தொன்மையான விண்மீன்களில் ஹைட்ரஜனையும், ஹீலியத்தையும் தவிர உள்ள தனிமங்களின் இருப்பு மிகவும் குறைந்த அளவேயாகும் என்பது துணைக் குறுமீன்களிலேயும், உருண்டைக் கொத்துக்களிலேயும் உள்ள திட்டங்கள் ஞாயிற்றைப் போல் இருப்பதில் ஒரு பங்காகும். இந்தக் குறிப்பி



Mt. Wilson and Palomar Observatories

XLI. ஹைடிராவில் அண்டக் கொத்து

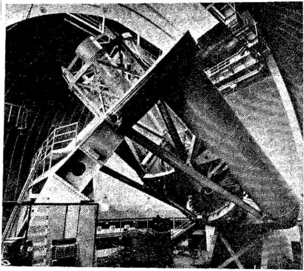
இவ் வண்ணத்தில் விண்மீன்கள் பெரு தூரத்தில் இருந்தும் ஒவ்வோர் அண்டமும் 100,000,000,000 விண்மீன்கள் கொண்டிருந்தும், நம் அண்டத்திலிருக்கும் ஒரு விண்மீனின் ஒளியை விட இருபோதும் குறையாமல் ஒளிருகின்றன. பின் சேர்க்கப்பட்டது கடுமையான வரைந்த நுண்களாகத் தோன்றும். அண்டங்கள் படத்தின் மத்தியில் மங்கலான புள்ளிகளாகக் காணப்படுகின்றன.



Two-hundred inch Hale Telescope

XLII. விண்வெளியில் மனிதன் செல்லக்கூடிய எல்லை

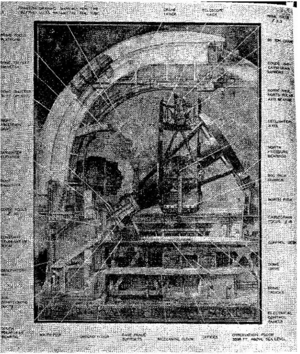
அடைப்புக் குறிகளுக்குள் இருக்கும் அண்டங்கள் கண்டுபிடிக்கக்கூடிய தூரத்தில் இருக்கும் நிலையைக் காட்டுகிறது. அந்த மாதிரி அண்டங்களின் தொலைவுகள் 1000 மில்லியன் பார்செக்ஸ் அல்லது 20,000,000,000,000,000,000 மைல்கள்.



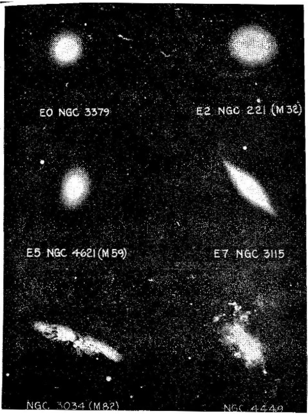
W. Miller

XLIII. 200 அங்குல ஹேல் தொலைநோக்கி

பெரிய மாடி வழியையும், கீழே மத்தியில் இருக்கும் பெரிய கதவையும் கவனிக்கவும். இது கருவியின் பெரிய அளவைகளைக் காட்டுகிறது.

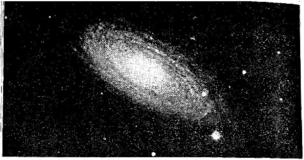


XLIV. 200 அங்குல ஹேல் தொலைநோக்கியின் படம்



Mt. Wilson and Palomar Observatories

XLV. ஒழுங்கற்ற நீள்கோள அண்டங்கள்



Mt. Wilson and Palomar Observatories

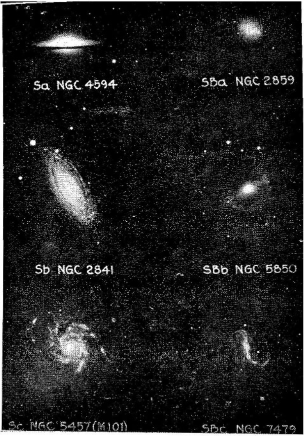
XLVI. NGC 2841 எனும் அண்டம்

இந்த அண்டத்தின் சுருள்வடிவ அமைப்பில் உள்ள இறுகிய மேலுறைகளைக் கவனிக்க.

Mt. Wilson and Palomar Observatories

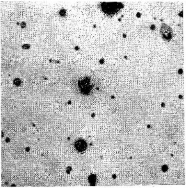
XLVII. 'நீர்ச்சுழி' M 51 எனும் அண்டம்

படத்தில் காட்டி இருப்பது சுருள் வடிவ அமைப்பு அண்டத்திற்கு ஒரு நல்ல எடுத்துக்காட்டு. சுருளின் ஒரு பக்கம் வெளியேயுள்ள அமைப்பிற்கு ஒரு பாலமாகத் திகழ்கிறது.



Mt. Wilson and Palomar Observatories

XLVIII. சுருள் வடிவ அண்டங்களின் பரகுபாடுகள்



XLIX. சிக்னஸின் மோதும் மண்டலங்கள்

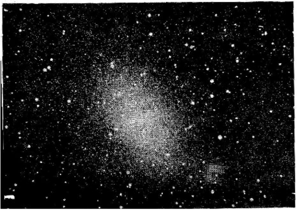
ஒளிப் படத்தின் நடுவில் இருக்கும் தனிச்சியான பொருள் தொலைவில் உள்ள இரு அண்டங்களின் மோதலைக் குறிக்கும். அந்த இரு அண்டங்கள் இரண்டு பெரிய சுருள் அண்டங்களாக இருக்கலாம். இது பேரண்டத்திலேயே மிகவும் சக்தி வாய்ந்த கதிர் கடத்தி ஆகும்.

Mt. Wilson and Palomar Observatories

L. நீள்வட்ட NGC 147 அண்டத்தைத் தனிப்பட்ட வகை II விண்மீன்களாகப் பிரித்தல்

NGC 147 அருகிலுள்ள குழுவில் சிறியது.

Mt. Wilson and Palomar Observatories



விருந்து 'கனமான' தனிமங்களின் வீதம் இடைவெளி வாயுவில் நம் அண்டத்தின் வாழ்க்கைக் காலத்தில் அதிகரித்து விட்டது என்பதற்கு ஒரு வலுவான ஆதாரம் கிடைக்கின்றது. தற்போது இந்த ரீதியில் தொன்மையான விண்மீன்களில் குறைபாடு இருப்பது மேற்சொன்ன வளர்ச்சிப் பட அமைப்புப் பொதுவாகச் சரியானதே என்பதைக் காட்டுகிறது. ஆனல், முதன் முதலில் இருந்த விண்மீன்கள் ஹைட்ரஜனைத் தவிர எந்தத் தனிமத்தையும் சிறிதளவு கூட உடையன அல்ல என்று சொல்லலாமா ? இது ஓர் ஆழ்ந்த வினவாகும். இதைப்பற்றிப் பின்னெரு அத்தியாயத்தில் ஆராய்வோம். நம்முடைய தற்போதைய விவாதத்தை இத்தகைய விண்மீன்கள் 'கனமான' தனிமங்களை நிரம்ப உடையன அல்ல என்றாலும் 'கனமான' தனிமங்கள் முற்றிலும் இல்லாத விண்மீன்களே இல்லையெனச் சொல்லி முடித்துக்கொள்வோம். இது நம்முடைய வளர்ச்சிப் படத்தின் பொது அமைப்போடு முரண்பாடுடையதா இல்லையா என்ற பிரச்சினையைப் பின்பு தீர்ப்போம்.

புவியின் பொருளமைப்பு (The material of the Earth)

நாம் ஆரம்ப அத்தியாயங்களிலிருந்து வெகுதூரம் கடந்து வந்திருக்கின்றோம். புவியில் ஆரம்பித்து, கோள்கள், ஞாயிறு, ஞாயிற்றைப் போன்ற விண்மீன்கள், ஞாயிற்றைப் போலில்லாத விண்மீன்கள் என்று இவைகளைப் படிப்படியாக ஆராய்ந்து, வெடிக்கும் விண்மீன்களுக்கு வந்து, இதிலிருந்து ரசாயனத் தனிமங்களின் மூலத்தை ஆராய்ந்து கடைசியில் மறுபடியும் ஒரு முழுவட்ட அமைப்பில் புவிக்கே வந்து, புவியின் பொருளமைப்பை ஆராய முனைவோம். மேற்போர்வையில் பாறைகள் புவியின் உள்ளகத்தின் இரும்பு என்பதாக நாம் தினசரி வாழ்க்கையில் எடுத்துக் கொள்வது ஒரு காலத்தில் ஒரு சிறப்புப் புது மீனினுள் இருந்தது. நம்முள் இருக்கும் கார்பன், நைட்ரஜன், மற்றும் ஆக்சிஜன் இவை ஒரு காலத்தில் ஒரு விண்மீனின் மிக உட்புறத்தில் இருந்தன. இந்த விண்மீன் அருங்காட்சியான ஒரு தனிவகைப்பட்டதாக இருந்து வெடித்து விண்மீன்களின் இடைவெளிகளில் அதன் பொருளைச் சிதறி அதிலிருந்து ஞாயிறும், கோள்களும் உற்பத்தியாக ஒரு மூலப்பொருளாக அமைந்தது.

பொருளின் இருமைத் தன்மையைப் பற்றி முன்பே கூறினேம்- அணுக்கள், அணுக்களிலிருந்து உருவாக்கப்படும் பலவகை அமைப்புகள் இவைகளைப் பற்றிக் கூறினேம். ஆக்க உதவிய மூலப் பொருள்களைவிட இந்தப் பொருளின் அமைப்பானது தனியான

சிறப்புத் தன்மை வாய்ந்தது என்பதைப் பார்த்தோம். ஒரு சிறப்புப் புதுமீனில் உள்ள இரும்பு அணு, நாம் உணவை உண்ணப் பயன்படுத்தும் இரும்புக் கருவிகளில் உள்ள இரும்பு அணுவேதான். ஆனல், இந்த இரண்டிலும் இரும்பினல் ஆக்கப்பட்ட அமைப்புகள் முற்றிலும் வேருனவை. பொருளை அமைக்கும் விதங்கள் உண்மையாகவே விந்தைக் குரியதாகும். தற்போது ‘பொருள் முதல்வாதி’ (materialist) என்று தரக்குறைவான முறையில் தற்போது குறிப்பிடுவது காலப்போக்கை ஒட்டிய ‘நாகரிகம்’ (fashion) ஆகிவிட்டது. அநேகமாக இதற்குக் காரணம் அரசியல் கருத்துக்களைப் பற்றிய சர்ச்சைகளில் இது ஒரு தூண்டுச் சொல்லாக (பிடிப்புச் சொல்லாக) அமைந்ததேயாகும். இது தவிர்த்து, பொருள் செயலாற்ற, கவர்ச்சியற்ற ஒன்ருகும் என்ற கருத்து முற்றிலும் முட்டாள்தனமாகும். பொருளைவிட மிகவும் வியப்பானதாகவும் நடத்தையில் பல திறப்பாட்டதாயும் உள்ள ஏதாவது ஒன்று இருப்பதானல், அதைப்பற்றி நான் இதுவரை கேள்விப்படவில்லை.

13. நம் அண்டத்தின் சுருள் கிளைகள்

(The Spiral Arms of Our Own Galaxy)

இதுவரை இந்தப் புத்தகத்தின் உள்ளமைப்புத் திட்டம் (inner plan) என்ன என்பதை விளக்க அவசியம் ஏற்படவில்லை; இதன் வெளிப்படைத் திட்டம் எல்லா வானியல் புத்தகங்களும் பின்பற்றும் தெளிவான ஒரு திட்டமாகும். அதாவது, புவியிலிருந்து ஆரம்பித்து, வானவெளியில் நமக்குப் பிரத்தியேகமாக இருக்கும் பகுதியிலிருந்து ஆரம்பித்து, இன்னும் போகப்போக அதிக அளவில் பேரண்டம் முழுவதையும், கடைசியில் ஆராயும் வகையில் புதிய ஆய்வுத் திட்டங்களை வகுப்பது. உள் திட்டத்தை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். மூன்று தனி இயக்கங்கள் முன் அத்தியாயத்தில் முடிவு பெற்ற முதல் பகுதியாவது கோள்களை ஒவ்வொன்றாகவும், விண்மீன்களை ஒவ்வொன்றாகவும் எடுத்துக்கொள்வது. சிற்சில சமயங்களில் நாம், விண்மீன் கூட்டங்கள், தொடக்கக் கொத்துக்கள் (open clusters), உருண்டைக் கொத்துக்கள், இன்னும் சிலசமயங்களில் மொத்த அண்டத்தைப் பற்றியும் குறிப்பிட்டிருந்தாலும் இந்தக் குறிப்புகள் அனைத்தும் முக்கிய வாதத்திலிருந்து விலகியவைவாகத்தான் இருந்தன. இரண்டாவது பகுதியில், அதாவது இந்த அத்தியாயத்திலும், இன்னும் இதற்கு அடுத்த நான்கு அத்தியாயங்களிலும் அண்டங்களின் உள் அமைப்புகளைக் கவனிப்போம். விண்மீன்களை ஒவ்வொன்றாக எடுத்துக் கொள்வதற்குப் பதிலாக, இப்பொழுது நாம் அண்டங்களை ஒவ்வொன்றாக எடுத்துக் கொள்வோம். மூன்றாவதானதும், கடைசியாகவும் உள்ள பகுதியில்தான், எல்லா பிரச்சினைகளைக் காட்டிலும் மிகப் பெரிதான, அண்டங்களிலிருந்து ஏற்படும் அமைப்பைப் பற்றி, அதாவது பேரண்டத்தின் அமைப்பைப் பற்றி ஆராய்வோம். எப்படி விண்மீன்களைப் பற்றி ஒவ்வொன்றாக ஆராயும் பொழுது, நமக்கு மிக அருகாமையிலும், நன்கு தெரிந்த விண்மீனிலிருந்து ஆரம்பித்தோமோ — அதாவது ஞாயிற்றிலிருந்து ஆரம்பித்

தோமோ, அதேபோல் இப்பொழுது நமக்கு அருகாமையிலும், நன்கு தெரிந்ததுமான நாம் வாழும் நம் அண்டத்திலிருந்து (ஆராய்ச்சியைத்) தொடங்குவோம்.

நம் அண்டமும் இரட்டையில் அதன் துணையும் (Our Galaxy and its twin)

நாம், ஓரளவு இதனுள் இருப்பதாலும், ஓரளவு பால்மண்டலத்தின் சமதளத்திலுள்ள தூசு நம் காட்சியை மறைக்க ஒரு மூடு பனிபோல் இருப்பதாலும், நம் அண்டம், இதை விட்டு வெளியேறி அங்கிருந்து மொத்த அண்டத்தையும் நோக்கினுல் அது எப்படிக் காணப்படும் என்பதைப் பற்றி யாதொரு தெளிந்த அறிவும் கிடைக்கப்பெருது. சமீப ஆண்டுகளில் மேற்கொண்ட மிகக் கடினமான உழைப்பாலும் கடின ஆராய்ச்சிகளாலும், நம் அண்டம், நாம் இதை வெளியிலிருந்து நோக்கினுல், நம்முடைய சகோதரி அண்டமான ஆண்டிரோமீடா விண்மீன் மண்டலத்திலுள்ள படம் XXI-ல் காட்டப்பட்ட M_{31} என்ற அண்டத்தைப் போன்று பொதுப்படையாகக் காணப்படும் என்று தெரிகின்றது. இந்த இரண்டிலும் நம் அண்டம் சிறிதாகும். M_{31}-ன் வெளிப் பகுதிகள் (அதாவது படம் XXI-ன் வெளிப்பகுதிகள்) மையத்திலிருந்து சுமாராக 12,000 பார்செக்ஸ் தொலைவிலுள்ளது. நம்முடைய அண்டத்தில் இதற்கு இணையான தொலைவு 8 அல்லது 9 ஆயிரம் பார்செக்ஸ்களாகும். அத்தியாயம் 10-ல் ஞாயிற்றுக் குடும்பம் அண்டத்தின் நடுப்புறத்திலிருந்து நன்ருகத் தள்ளி அமைந்திருக்கின்றது என்பதை ஏற்கெனவே பாத்தோம். இது 8,000 பார்செக்ஸ் தொலைவில் உள்ளது.

M_{81} அண்டமும், நம் அண்டமும் பெரிய சக்கரம் போல் சுழன்று வருகின்றன. ஞாயிற்றுக் குடும்பமும் இதில் பங்கு கொள்கிறது. புவியில் உள்ள நாம் ஞாயிற்ருேடும், மற்றக் கோள்களோடும் அண்டத்தின் மையத்தைச் சுற்றி ஒரு வட்டப் பாதையில் நொடிக்கு 225 கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தில் இயங்கிவருகிறேம். இந்தச் சுற்றுப்பாதையில் முற்றிலும் ஒருமுறை செல்வதற்கு 200 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு மேலாகும். ஞாயிறும் இதர கோள்களும் அவை ஆக்கப்பட்ட காலத்திலிருந்து இதுவரை 20 முறை அண்டத்தைச் சுற்றியிருக்கின்றன.

இந்த இயக்கத்தின் கடுமையான வேகத்திற்குரிய விளக்கத்தை என்ருல் தெளிவாக அறிந்துகொள்ள முடியவில்லை. அண்டத்தைச்சுற்றி நாம் தினந்தோறும் மணிக்கு அரை மில்லியன் மைல் வேகத்தில் இயங்கி வரும்பொழுது ஒரு மோட்டார்

வண்டியை மணிக்கு 100 மைல் வேகத்தில் ஓட்டுவது கவர்ச்சியூட்டுவதாக இல்லை. நாம் அண்டத்தைச் சுற்றி வருவது வேக உணர்ச்சியை ஊட்டுவதாக இல்லை. ஆனால், ஒரு மோட்டார் வண்டியை மணிக்கு 100 மைல் வேகத்தில் ஓட்டினால் இதன் வேகத்தை உணர்கிறோம். இது ஓடும்பொழுது ஆட்டம் கொடுப்பதாலும், ஒரு பக்கம் சாய்வதாலும் நமக்குத் தெரிகிறது. அசைவற்ற நிலையில் உள்ள ஒரு பெட்டியை ஊசலாடச் செய்து அதன் உள்ளே இருக்கும் பொழுது இம்மாதிரி உணர்ச்சியை நாம் பெறுவோம்.

நிறமாலைக் கோடுகளும், நேர்வேகங்களும் (Spectral lines and velocities)

அத்தியாயம் 10-ல் தொலைவுகளையும், பரிமாணங்களையும் நிர்ணயிக்கும் முறைகளைப் பற்றி விவரித்தோம். ஆனால், அவ்வப்பொழுது வேகங்களைப் பற்றியும் குறிப்பிட்டோம். உதாரணமாக, அண்டத்தைச் சுற்றி நாம் இயங்கும் வேகத்தைப் பற்றிக் குறிப்பிட்டோம். எவ்வாறு இயக்கங்கள் அளவிடப்படுகின்றன ? நாம் இன்னும் மேலே செல்வதற்கு முன் இதைத் தீர்த்துவிடுவோம். இதற்குச் சாதாரண அயனியாக்கப்படாத அணுக்களின் உட்கருக்களைச் சுற்றியிருக்கும் எலெக்ட்ரான் மேகங்களைப்பற்றிய ஆராய்ச்சியைக் காணவேண்டும். இந்த மேகங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட அமைப்பையோ, அல்லது பல அமைப்புக்களில் ஏதோ ஒரு அமைப்பை உடையனவாகவோ இருக்கின்றன. இதை அணுவின் 'நிலைகள்' ('states' of the atom) என்று குறிக்கின்றார்கள். அநேகமாக எலெக்ட்ரான் மேகங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில்தான் காணப்படுகின்றன. அதாவது, ஆற்றல் குறைந்த நிலையில். ஆனால், அவ்வப்பொழுது குலுக்கப்பட்டு இது இதர நிலையை அடைகின்றது—அதாவது ஆற்றல் அதிகமாக உள்ள நிலையை அடைகின்றது. இவ்வாறு ஏற்படும்பொழுது, மேகங்கள் தாமாகவே ஒழுங்குபடுத்திக்கொண்டு முதல் நிலைகளை அடைகின்றன. அப்பொழுது ஒளி வெளிப்படுகின்றது. இது, பொருள் ஒளியை வெளிப்படுத்த ஒரு முக்கிய முறையாகும்.

எந்த நிலை மாற்றமாயினும், வெளிப்படும் ஒளி ஒரு குறிப்பிட்ட அலை நீளத்தை உடையதாகும், ஒளியின் சுருதி (pitch) போல் இந்த அலைநீளம் அமையும். 'ஒளியின் சுருதி' என்று நாம் குறிப்பது அதன் நிறத்தையே ஆகும். ஒரே நிலை மாற்றங்களை அடையும் அணுக்கள் ஒரே நிறத்தை உடைய ஒளியை வெளிப்படுத்துகின்றன. இதை அணுக்கள் ஒரு நிற மாலை வரியை (spectral line) வெளிப்படுத்துகின்றன என்று விவரிக்கின்றோம்.

ஒளியை வெளிப்படுத்தும் அணுக்கள் நம்மை நோக்கியோ, அல்லது நம்மை விட்டு அகன்றோ செல்லும்பொழுது ஒளியின் நிலை இயக்கம் காரணமாக மாறுதலடையும். இயங்கும் அணுக்கள் நம்மை நோக்கி வந்தால் அப்பொழுது 'ஒளியின் சுருதி' அதிகரிக்கப்படும். இது நம்மை நோக்கி வரும் ஒரு மோட்டார் வண்டியின் ஊதுகுழல் (horn) எப்படி அதிக ஒலியைக் கொடுக்கின்றதோ அது போலாகும். இதற்கு மாறாக, அணுக்கள் நம்மை விட்டு அகன்று செல்லும்பொழுது 'ஒளியின் சுருதி' குறையும். இதைத் தவிர ஒளியின் சுருதி அதிகரிக்கப்படுவதோ குறைக்கப்படுவதோ அணுக்களின் இயக்க வேகங்களைப் பொறுத்திருக்கும்; அதிக வேகமிருந்தால், இடப்பெயர்ச்சியும் (shift) அதிகமாகும்.

இதுதான் அண்ட நேர்வேகங்களை அளவிட வானநூல் அறிஞர்கள் பயன்படுத்தும் சக்திவாய்ந்த முறையை விளக்குகின்றது. ஒரு விண்மீனின் வளியிலுள்ள பொருளிலிருந்து கிடைக்கும் நிறமாலை வரிகளிலிருந்து அல்லது ஒரு வாயு மேகத்தின் பொருளிலிருந்து கிடைக்கும் வரிகளிலிருந்து அளவீட்டின் மூலம் கிடைக்கும் தகவல் சுருதியில் ஏதாவது மாறுதல் இருக்கின்றதா என்றும் இந்த மாறுதல் எவ்வளவு என்றும் தெரிவிக்கும். இந்த அளவின்படி ஏற்பட்ட இடப்பெயர்ச்சியிலிருந்து உடனடியாக இயக்க வேகத்தைக் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

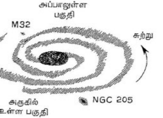
இவ்வாறு நிர்ணயிக்கக் கூடியது நம்மை நோக்கியோ அல்லது நம்மிடமிருந்து அப்பாலோ ஏற்படும் இயக்கங்களிற்குத் தான் பொருந்தும். ஏனென்றால் பக்கவாட்டில் ஏற்படும் இயக்கத்திற்குச் சுருதியில் ஒருவித மாறுதலும் ஏற்படாது. ஆகையினால், இதை இம்முறையில் அளவிடமுடியாது.

அண்டத்தின் சுருள் கிளைகள் (The Spiral arms of the Galaxy)

M_{81} லிருந்து உட்புறத்தில் கிளம்பி வெளிப் பகுதிகளுக்கு வளைந்து செல்லும் கிளைகள் மிகவும் குறிப்பிடத் தக்கவை. இவை படம் 50-ல் இட்டப்படி வரையப்பட்டிருக்கின்றது. வானநூலில் சமீபத்தில் முக்கியமாக ஏற்பட்ட ஒரு முன்னேற்றம் யாதெனில் நம் அண்டத்திற்கும் சுருள் கிளைகள் உள்ளன என்பதைக் காண்பித்ததேயாகும். மூற்றிலும் ஒத்திருக்கும் மூன்றுவகை முறைகள் கையாளப்பட்டிருக்கின்றன.

மார்கன், விட்போர்ட், கோட் (Morgan, Whitford and Code) என்ற மூவர்களால் பயன்படுத்தப்பட்ட முதல் முறையானது

சாதாரண முக்கிய வரிசை விண்மீன்களைப் பொறுத்தது. ஒரு விண்மீன் முக்கிய வரிசையில் இருக்கின்றது என்பது நமக்கு நிச்சயமாகத் தெரிந்தால் அதன் வெளிச்ச அளவையினை அதன் மேற்புற வெப்ப நிலையைக் கொண்டு அறியலாம். மேற்புற வெப்ப நிலையை அறிந்த பிறகு முக்கிய வரிசையைப் படம் 51-ல் கொடுக்கப்பட்டபடி, வெளிச்ச அளவை நேரிடையாகக் காணப்

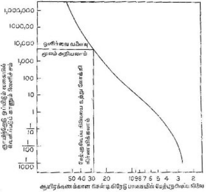


படம் 50.

பயன்படுத்தலாம். அதன் வெளிச்ச அளவு தெரிந்த பிறகு விண்மீனை ஒரு மூல முகப்பு விளக்காகப் பயன்படுத்தலாம். தொலைவை நிர்ணயிக்க இந்த முறை வெகு ஆண்டுகளாகவே தெரிந்த ஒரு முறையாகும். உதாரணமாக, காணக்கூடிய கொத்துக்களின் தொலைவை நிர்ணயிக்க இந்த முறை பயன்படும். முக்கிய வரிசையில் உயரே உள்ள விண்மீன்களைப் பயன்படுத்தினால் இந்த முறை மிகவும் சிறந்ததாகும். இதற்குக் காரணம் இவைகள் மிகவும் வெளிச்சமாக உள்ளதால் இவைகளைத் தொலைவாக உள்ளபொழுதும் காணலாம் என்பதே.

இந்த முறை பார்ப்பதற்கு எளிதாகக் காணப்பட்டாலும், நடைமுறையில் மிகவும் சங்கடமான ஒரு முறையாக இருக்கின்றது. இதற்கு இரண்டு இடர்கள் இருக்கின்றன. ஒன்று, விண்மீன்களின் இடையில் உள்ள வாயு மேகங்களில் காணப்படும் தூசுகளினால் ஏற்படுகின்றது. பால்மண்டலத்தில் வெகு தொலைவிலிருக்கும் ஒரு விண்மீனிலிருந்து வரும் ஒளியானது அது நம்மை அடைவதற்கு முன்பே இம்மாதிரியான மேகங்களின் வழியே ஊடுருவிச் செல்லும். இவ்வாறு செல்லும்பொழுது ஒரு பகுதி இம்மேகங்களினால் உட்கொள்ளப்பட்டுவிடும். பல வேறு நிறங்களை

உடைய ஒளியும் ஒரே அளவு உட்கொள்ளப்பட்டாலும், முகப்பு விளக்கு முறையைப் பயன்படுத்துவது மிகவும் சிக்கலான



பட்ம் 51. ஒரு விண்மீனின் இயற்கை வெளிச்சத்தை நிர்ணயிக்க முக்கிய வரிசையைப் பயன்படுத்துதல்

தவறுகளை ஏற்படுத்திவிடும் தூசுகளினால் உட்கொள்ளப்பட்ட ஒளிக்குத் தகுந்த தள்ளுபடி செய்தாலன்றி. ஆனால், பல நிறங்களை உடைய ஒளி ஒரே அளவில் உட்கொள்ளப்படுவதில்லை. இதனால் சிக்கல் அதிகமாகின்றது; சிவப்பு ஒளியைவிட நீல ஒளி வலுவாகவே உட்கொள்ளப்படுகின்றது. இதனால் விண்மீன்களின் மேற்புற வெப்ப நிலைகளைக் கணக்கிடுவதில் தவறுகள் ஏற்படு கின்றன. இது, குறிப்பாக முக்கிய வரிசையில் உயரே உள்ள விண் மீன்களை மூல முகப்பு விளக்குகளாகப் பயன்படுத்தும் பொழுது தீவிரமாக இருக்கின்றது. முக்கிய வரிசையில் மேல்பகுதிகள் எவ்வளவு செங்குத்தாக இருக்கின்றனவோ, அவ்வளவு, மேற்புற வெப்பநிலையில் சிறு தவறு ஏற்பட்டாலும் வரைகோட்டிலிருந்து நாம் கண்டறியும் வெளிச்ச அளவில் வெகுவான தவறை ஏற்படுத்துகின்றது. தூசினால் உட்கொள்ளப்படுவதற்குச் சரியான படி தள்ளிக் கணக்கிட்டாலன்றி, முக்கிய வரிசையில் உயரே

உள்ள விண்மீன்களுக்கு இந்த முறையைப் பயன்படுத்த முடியாது என்பது தெளிவாகிறது.

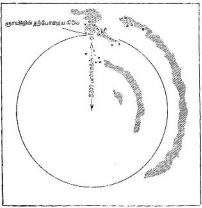
இரண்டாவது இடர்ப்பாடு முக்கிய வரிசையில் உள்ள விண்மீனைப் பற்றியதாகும். முக்கிய வரிசையிலிருந்து ஆக்கப்பட்ட விண்மீன்களுக்கு இந்த முறையைப் பயன்படுத்தினால் அப்பொழுது மிகவும் முக்கியமான தவறுகள் இழைக்கப்படும்.

இந்தக் காரணங்களினால், மூல முகப்பு விளக்குகளை மதிப்பிட்டு வைக்க முக்கிய வரிசையைப் பயன்படுத்துவது, குறிப்பாக முக்கிய வரிசையில் உயரே உள்ள விண்மீன்களைப் பொறுத்தவரை நம்பிக்கையான யாதொரு பயனையும் அளிக்கவில்லை. ஆனால், மார்கன், விட்போர்ட், மற்றும் கோட் என்பவர்களால் சமீபத்தில் நடத்தப்பட்ட ஆராய்ச்சியின் விளைவாக இந்த நிலை மாறி விட்டது. இவர்கள், தூசுகளின் விளைவுகளைக் கருதியதோடு, ஒரு நீல விண்மீன் முக்கிய வரிசைக்கு அண்மையில் இருக்கின்றதா இல்லையா என்பதை நிர்ணயிப்பதற்கும் ஓர் ஆராய்ச்சி வழியைக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார்கள். விண்மீன்களின் வளிகளிலுள்ள அணுக்களினால் வெளிப்படுத்தப்படும் நிறமாலை வரிகளைச் சார்ந்தது இவர்கள் கண்ட வழி.

இந்த முன்னெச்சரிக்கைகளைக்கொண்டு மார்கன் விட்போர்ட் கோட் என்பவர்கள் முக்கிய வரிசையில் உயரே உள்ள விண்மீன்கள் நம் அண்டத்தின் தளமட்டத்தில் சரிசமனாகப் பரவியிருக்கவில்லை என்பதைக் காட்டியிருக்கின்றனர். இவை, கூட்டாகப் படம் 52-ல் கொடுக்கப்பட்ட மூன்று வழிகளில் உள்ளன. இந்த ஆராய்ச்சி முற்றுப்பெறவில்லை. ஆயினும், இதன் உட்கிடையாதெனில் இந்த மூன்று வழிகளும் சுருள் கிளைகளின் பகுதிகள் என்பதும் இதில் ஒன்றில் ஞாயிறு இருக்கின்றது என்பதுமாகும். ஆகையினால், அண்டத்தில் பல கிளைகள் உள்ளன என்பது தெரிகின்றது. நம்முடைய கிளையில் குறுக்குவாட்டில் உள்ள தொலைவு சுமாராக 300 பார்செக்ஸ்களாகும். ஒரு கிளைக்கும், மற்றொரு கிளைக்கும் உள்ள தொலைவு சுமாராக 1,500 பார்செக்ஸ்களாகும்.

ஞாயிற்றின் அண்மைப் பொருள்கள் சுருள் கிளைகளில் அடங்கியுள்ளன என்பதைக் காண்பிப்பதற்கான இரண்டாம் வழி குயிடோ மூன்ச் (Guido Muinch) என்பவர்க்குரியதாகும். மூன்ச் என்பவரின் முறை வாயு உட்கொள்வதைப் பொருத்திருக்கின்றது. தூசுகளின் உட்கவர்ச்சியைப் பொறுத்தல்ல. இது தொலைவாக உள்ள ஒரு விண்மீனின் ஒளி விண்மீன்களின் இடைவெளி

வாயுக்களின் வழியே செல்லும்பொழுது ஒரு பகுதி உட்கொள்ளப் படுகின்றது என்ற உண்மையை அடிப்படையாகக்கொண்டு உள்ளது. 'நம்' கிளையின் மூலமும் இதற்கு அடுத்த கிளையின் மூலமும் பார்க்கப்பட்ட ஒரு தொலைவிலுள்ள விண்மீனின் தோற்றம் படம் 53-ல் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. வாயுப் பொருள் கிளைகளில் திரட்டாகக் காணப்பட்டால், உட்கவர்ச்சி ஞாயிற்றிலிருந்து விண்மீன்வரை உள்ள தொலைவில் முற்றிலும்



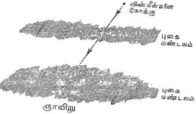
படம் 52. திட்டத்தில் நம் அண்டம். அதிக ஹைட்ரஜன் அடர்த்தியை உடைய பகுதி ஒரு போகுவரிகளாலும், நீலப் பெருமீன்களின் கூட்டங்கள் புள்ளிகளாலும் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஞாயிறும், கோள்களும் வலஞ்சுழியாகக் கிட்டத்தட்ட ஒரு வட்டப்பாதையில் ஒன்றாக இயங்குகின்றன.

தொடர்ச்சியாக இல்லாமல் ஒளிப்பாதையில் இரண்டு பகுதிகளில் காணப்படுகின்றது. இந்த இரண்டு பகுதிகளும் கிளைகளின் உள்ளேயே இருக்கும் பகுதிகளாகும். மூன்ச் என்பவர் உட்கவர்ச்சி தொடர்ச்சியாக இல்லாமல் இரண்டு பகுதிகளில் திரட்டாக இருப்பதைக் கண்டறிந்தார். இந்த இரண்டு பகுதிகளும் மார்கன், விட்போர்ட், கோட் என்பவர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட நீலப்

பெருமீன்களின் பட்டைகளிற்குரிய இரண்டு பகுதிகளோடு ஒத்திருக்கின்றன.

இந்த ஆராய்ச்சிகளுக்கு முன்பும் இந்த ஒற்றுமைக்குரிய வலுவான ஆதாரங்கள், பாட் என்பவர் M_{81} என்ற நெபுலாவை ஆராயும்பொழுதே கிடைத்தன. ஏனென்றால், பாட் என்பவர் ஏற்கெனவே நீல விண்மீன்களுக்கும் M_{81}-ன் சுருள் கிளைகளில் உள்ள மேகங்களுக்கும் ஒரு குறிப்பான தொடர்பைக் காண்பித்திருக்கிறார். ஆகையினால் இதே போன்ற தொடர்பு நம் அண்டத்திலும் இருப்பது சாத்தியமாகும். மூன்ச் என்பவரின் ஆராய்ச்சி இந்த வழியில் சிறந்ததாக இருக்கின்றது.

நம்முடைய அண்டத்திலுள்ள சுருள் கிளைகளுக்கும், வெளிச்சமான விண்மீன்களுக்கும் உள்ள தொடர்பைக் கடைசியாகவும், உறுதியாகவும் நிலை நாட்டுவது மிகவும் நூதன வழியில் உள்ள மூன்றாவது வகையைச்சேர்ந்த ஆராய்ச்சியாகும். குறைந்த வெப்ப நிலையில் உள்ள விண்மீன்களின் இடைவெளி ஹைட்ரஜன் வாயுவினால் வெளிவிடப்படும் ரேடியோ அலைகளைக் கண்டறியலாம் என்பதைப் பத்து ஆண்டுகளுக்கு முன்பே வான் டி. ஹல்ஸ்ட் **(Van de Hulst)** என்பவர் தெரிவித்தார். இது ஒரு முக்கியமான



படம் 53. வாயுக்களினூலான இருபாதைகளின் வழியே நோக்குதல் (மூன்ச்).

முன்னறிவிப்பாகும். ஏனென்றால் விண்மீன்களின் இடைவெளிப் பகுதிகளில் விண்மீன்களுக்குரிய குளிர்ந்த ஹைட்ரஜன் ஏரான அளவில் இருப்பதாக நம்புவதற்கு மிகவும் நல்ல காரணங்கள் இருந்தன. ஆனால், இதுவரை குளிர்ந்த ஹைட்ரஜனைக் கண்டறிவதற்குத் தகுந்த முறை எதுவும் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை.

குறிப்பாக அதிக வெப்பநிலையை உடைய விண் மீன்களின் அருகில் உள்ள ஹைட்ரஜனைக் கண்டறிந்திருக்கின்றனர். ஆனால், இது ஹைட்ரஜன் விண்மீன்களால் மிகவும் சூடாக்கப்பட்டதைப் பொறுத்திருக்கும். ஆனால், அண்டத்தில் ஹைட்ரஜன் சிறிய சத வீத அளவே வெப்பமாக இருப்பதால் முன்சொன்ன காட்சிமுறை மிக்க பயனை அளிக்காது. முக்கியமான பிரச்சினை குளிர்ந்த ஹைட்ரஜனின் பகுதி வழியே காட்சியைச் செலுத்த ஒரு முறையைக் காணுவதேயாகும்.

ரேடியோ அலைகளின் வெளிப்பாட்டைப் பற்றிய வான் டி ஹல்ஸ்ட் என்பவரின் முன் அறிவிப்புக்கான அடிப்படை ஒரு ஹைட்ரஜன் அணுவிலுள்ள எலெக்ட்ரான் புரோட்டானுடன் இரண்டு வகையில் எப்படிச் சேர்க்கப்படுகின்றது என்பதைப் பொறுத்திருக்கிறது. அணுக்கள் இந்த இரண்டு வகைக்கும் இடையில் மாறுவதால் ரேடியோ அலைகள் வெளிப்படுகின்றன. ஓர் அணுவிலுள்ள எலெக்ட்ரான் அதன் அமைப்பை மாற்றும் பொழுது வெளிப்படும் ஒளியைப் போலவே, ரேடியோ அலைகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட அலை நீளத்தை உடையனவாகும். இவை ஒரு நிறமாற்றி வரிசை அமைக்கும் வான்டி ஹால்ஸ்ட்டின் முறையில் இந்த அலை நீளம் 21 செண்டிமீட்டர்களுக்கருகில் உள்ளது. இந்த மதிப்பு ஆராய்ச்சிக்குச் சாதகமாக உள்ளது.

குளிர்ந்த ஹைட்ரஜன் மேகங்களால் வெளிப்படுத்தப்படும் ரேடியோ அலைகளைப் பற்றிய முன்னறிவிப்பு ஹார்வர்டு பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த (Harvard University) ஈவன், பர்சல் (Ewen and Purcell) என்பவர்களாலும் மற்றும் லீடன் (Leiden) சோதனைக் கூடத்தைச் சேர்ந்த ஊர்ட், முல்லர் (Oort and Muller) என்பவர்களாலும், ஆஸ்திரேலியாவைச் சேர்ந்த கிறிஸ்டியான்ஸன், ஹைன்ட்மான் (Christiansen and Hyndman) என்பவர்களாலும் கிட்டத்தட்ட ஒரே சமயத்தில் ஊர்ஜிதப் படுத்தப்பட்டது. இந்த நிலை வான் டி ஹல்ஸ்ட் என்பவரின் கணக்கீடுகளின்படி அமைந்தது.

இந்தப் புதிய முன்னேற்றத்தின் விளைவாக அண்டத்தில் குளிர்ந்த ஹைட்ரஜன் மேகங்கள் அடர்த்தியாகக் காணப் படுகின்றனவா என்பதை ஆராய ஒரு சாதனை கிடைத்தது, இதனுல் கிடைத்த முடிவுகளைப் படம் 52-ல் காணலாம். மார்கன், விட்போர்ட், கோட் என்பவர்களினுல் காணப்பட்ட நீலப் பெரு மீன்கள் உள்ள அதே கிளையில்தான் ஹைட்ரஜன் வலுவான திரட்டாக இருக்கின்றது. இதைத் தவிர நம்முடைய கிளையி

னுள்ளேயே இரண்டாவது கிளை ஒன்று உள்ளது என்பதற்குச் சிறந்த ஆதாரம் ஒன்று உள்ளது. அடுத்த பத்து ஆண்டுகளில் ஹைட்ரஜனின் பரவலைப்பற்றி இன்னும் அதிகமான தகவல்கள் கிடைத்தது, இதனால் நம் அண்டத்திலுள்ள வாயுவின் பரவலைப் பற்றிய சரியான நிலை நமக்குத் தெரிந்துவிடும். இது இருபது ஆண்டு களுக்கு முன் முடியாத ஒரு காரியமாக இருந்தது. தற்போதைய நிலையை வான நூலிலேயே ஒரு சிறந்த முன்னேற்றமெனக் கூறலாம்.

21 செ. மீட்டர் ரேடியோ வெளிப்பாட்டைக் கண்டுபிடித்தது நம் அண்டத்தைத்தவிர இதர அண்டங்களில் குளிர்ந்த ஹைட்ரஜன் மேகங்கள் உண்டா என்பதை ஆராய ஒரு சக்திவாய்ந்த சாதனையாகப் பயன்படும். இதுவரை மெகலனிக் மேகங்கள் மட்டுமே ஆராயப்பட்டன. ஆஸ்திரேலியாவைச் சேர்ந்த ரேடியோ வான அறிஞர்களான J. F. கெர், J. V. ஹைன்ட்மான் **(J. F. Kerr and J. V. Hyndman)** என்பவர்கள் இரண்டு மெகலனிக் மேகங்களும் ஏராளமான ஹைட்ரஜனை உடையவை என்று கண்டறிந்தனர். மேலும், இந்த இரண்டு மெகலனிக் மேகங்களும் ஓர் இரட்டை விண்மீன் தொகுதிபோல் ஒன்றை ஒன்று சுற்றி வருகின்றன என்பதும் இதிலிருந்து கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இந்த இயக்கத்தை ஆராய அடிப்படையாக உள்ளது ரேடியோ நிறமாலை வரியின் இடப் பெயர்ச்சிகளே ஆகும். இந்த வரியின் 'சுருதி' வெளிப்படுத்தும் பொருண்மைகள் நம்மை நோக்கி வருகின்றனவா அல்லது நம்மை விட்டு அப்பால் செல்லுகின்றனவா என்பதைப் பொறுத்து அதிகரிக்கப்பட்டோ குறைக்கப்பட்டோ இருக்க வேண்டும். இதைத் தவிர இம் மேகங்களில் உள்சுழற்சிகள் இருப்பதுபோல் தெரிகின்றது.

உண்மையாகவே ஒரு முறையான ஆராய்ச்சி இதுவரை இதர அண்டங்களைப்பற்றி நடத்தப்படவில்லை. ஆனால் விரைவிலேயோ அல்லது சற்றுத் தாமதமாகவோ ஒரு வேளை விரைவிலேயே இருக்கலாம்—இது ஆராய்ச்சிக்கு ஒரு முக்கிய சாதனையாகப் பயன்படலாம். மெகலனிக் மேகங்களைத் தவிர வேறு ஆராய்ச்சிகள் ஏன் நடத்தப்படவில்லை என்பதற்கு ஒரு முக்கியக் காரணம் ரேடியோ வானநூலில் இந்த கிளையை ஆரம்பித்துச் சுமாராக 5 ஆண்டுகள்தான் ஆகும் என்பதே. இப்போதெல்லாம் முன்னேற்றம் விரைவாக நடக்கின்றது என்பதைக் குறிப்பிட வேண்டும்.

14. நம் அண்டத்தின் கிளைகளிலுள்ள விண்மீன்களின் பிறப்பு

(The Origin of the stars in the Arms of Galaxy)

வானில் நாம் பார்க்கும் விண்மீன்களில் பெரும்பான்மை யானவை நம் அண்டத்தின் வெளிப் பகுதிகளில் உள்ளவையாகும் சாதாரணமாக, அண்டத்தின் உட்பகுதியிலுள்ள விண்மீன் கூட்டங்களை நாம் பார்க்க முடியாது. இதற்குக் காரணம், ஓரளவு இவை நெடுந் தூரத்தில் இருப்பதும், இன்னும் ஓரளவு இவை பால்மண்டலத்திலுள்ள தூசுகளால் மறைக்கப்படுவதும் ஆகும். உட்புற விண்மீன்களைக் காணவேண்டுமானால் ஒரு பெரிய தொலை நோக்கியைப் பயன்படுத்த வேண்டும். பரந்த விண்மீன் திரட்டு களை உடைய உட்புறத்தைத் தவிர்த்ததாலும் விண்மீன்களின் எண்ணிக்கையில் குறைவு ஒன்றும் ஏற்பட்டு விடாது. இதைப் படம் XXV லிருந்து அறியலாம். இந்த விண்மீன்கள் யாவும் சுருள் கிளைகளைச் சேர்ந்தவை. இவைகளின் பிறப்பைப்பற்றி இப்பொழுது ஆராய்வோம்.

விண்மீன்கள், இடைவெளி வாயுக்களிலிருந்து ஆக்கப் பட்டிருக்க வேண்டுமென்பது தெளிவானாலும், இவை எவ்வாறு ஆக்கப்பட்டன என்பது சிக்கலான பிரச்சினைகளுக்குரியதாகும். ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுடைய வாயுவைக் குளிர வைத்தால் இந்தத் தனிப்பட்ட அமைப்பிலிருந்து விண்மீன் உருவாகின்றது என்று கருதப்பட்டது. ஒவ்வொரு விண்மீனும் தனித் தனியான ஆக்க முறையில் உண்டாக்கப்பட்டதாகக் கொள்ளலாம். ஆனால். இந்தக் கருத்து மிகவும் சிக்கல் வாய்ந்ததாகும்.

இதற்குக் காரணம் என்ன என்பதை ஆராய, நாம் மறுபடியும் விண்மீன் ஆக்கத்திற்கு வேண்டிய பெரிய திரட்டு அமைப்பைப்

பற்றி அறியவேண்டும். இது இடைவெளி வாயு மேகங்களின் சாதாரண அடர்த்தியைக் கொண்டு பரவியிருந்தால் ஞாயிற்றுப் பொருள் தற்போதைய அதன் பரிமாணத்தைப் போல் பத்து மில்லியன் மடங்குகள் உடையதாகும். இந்தப் பகுதி, பரிமாணத்தில் 1 பார்ஸெக் அளவில் இருக்கும். இந்த அதிகப் பரவலை உடைய பொருளின் ஈரப்புப் புலன் மிகவும் வலுவுற்றதாக இருக்கும். பின் வரும் ஒப்பீட்டை எடுத்துக்கொள்வோம். ஞாயிற்றின் மேல் ஒரு மனிதன் நின்றுகொண்டிப்பதாகக் கற்பனை செய்வோம்; அந்த மனிதன் வானவெளியில் தப்பிச் செல்லும்பொருட்டு ஒரு பந்தை வீசவேண்டுமென்றால், சுமாராக ஒரு நொடிக்கு 620 கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தில் வீசவேண்டும். ஆனால், ஞாயிறு பத்து மில்லியன் மடங்குகள் விரிவடைந்தால் அப்பொழுது நொடிக்கு ஒரு கிலோ மீட்டரில் ஐந்தில் ஒரு பங்கு வேகத்தில் பந்தை எறிந்தாலும் அது வெளியே தப்பிச் செல்லும். இது ஈர்ப்புத் திறன் சுருக்கத்தைப் பொறுத்திருக்கின்றது என்பதை வலியுறுத்துகிறது. பொருள் திரட்டுக் குறைவானால் தடை செய்யும் பகுதி வலுவற்றதாக இருக்கும்.

அண்டங்களைப் பற்றிய நோக்கில் பேச வேண்டுமானால் நொடிக்கு ஒரு கிலோ மீட்டருக்குக் குறைவான வேகம் மிகவும் குறைந்ததாகும். விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்களிலுள்ள அணுக்கள் இந்த வேகத்தைப் போல் ஐந்து மடங்கு அதிக வேகத்தில் இயங்கி வருகின்றன. ஆகையினால் அணுக்கள் தப்பிச் செலும் பந்துகள் போல் நடந்துகொள்கின்றன. ஞாயிறு இடைவெளி வாயுவைப் போன்ற அடர்த்தியை உடையதாக விரிந்தால் அதன் ஈர்ப்புப் பலன் அதன் தனிப்பட்ட அணுக்களின் இயக்கங்களைக் கட்டுப்படுத்துமளவு வலுவாக இருக்காது — இவை ஆவியாகப் போய்விடும். ஆகையினால் ஞாயிற்றைப் போன்ற விண்மீன்கள் தனியாக ஏற்பட்டிருக்க முடியாது. இவை, இடைவெளி வாயுக்களிலிருந்து ஒரே முறையில் ஆக்கப்பட்டிருக்காது. ஏனென்றால், கட்டுப்படாத நிலையில் இவைகளின் ஈர்ப்புத் திறன் போதிய அளவு வலுவாக இருக்காது.

ஆனால், அதிக அளவிலிருக்கும் பொருளைப் பொறுத்தவரை இடர்ப்பாடு குறைந்த அளவிலிருக்கும் யாதொரு இடர்ப்பாடும் இருக்காது என்றே சொல்லாம். அணுத் துகள்களின் உள்ளியக்கங்கள் யாதாயிருப்பினும்; அவைகளின் அடர்த்தி எதுவாயினும், ஒரு மேகம் போதிய அளவு பொருளுடையதாக இருப்பின் தன்னை ஒன்றாக இணைத்து அமைத்துக் கொள்ளும். ஆனால், சுருங்குவதற்குத் தேவைப்படும் பொருண்மை ஞாயிற்றை விட மிக அதிக

மாகும். விண்மீன்களின் இடைவெளி வாயுக்களில் குளிர்ந்த பகுதிகளின் அடர்த்தியும், வெப்ப நிலையும் தேவைப்பட்ட பொருண்மையை ஞாயிற்றைவிடச் சுமாராக 1,000 மடங்குகளாக ஆக்கி விடுகின்றது. இது மொத்த இடைவெளி வாயுவிற்கும் உரிய ஒரு மாதிரிப் பொருண்மையாகும். **(a typical mass)** இதிலிருந்து இடைவெளி வாயு மேகங்கள் அவைகளின் ஈர்ப்புப் புலன் காரணமாகவே தங்களைச் சேர்த்து அமைத்துக்கொள்ளும் என்பது தெளிவாகிறது. இது மொத்த வாயு மேகங்களும் ஒன்றாகச் சுருங்க ஆரம்பிக்கலாம் என்றும் தனியாகக் குறைந்த அளவில் சுருங்க முடியாது என்றும் ஒரு நிலையைக் காட்டுகின்றது.

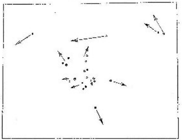
முதலில் பார்க்கும்பொழுது இதில் ஒரு முரண்பாடு இருப்பது போல் தெரியும். எப்படி விண்மீன்கள் மிகக் குறைந்த பொருளுடையவைகளாக இருக்கின்றன ? விண்மீன்கள் கூட்டங்களாகவே உருவாக்கப்படுகின்றன என்பதுதான் இதற்கு உரிய விடையாகும். ஒரு பெரிய இடைவெளி மேகம் குளிர்வடைகின்றது. இப்படிக் குளிர்வடையும்பொழுது அந்த மேகத்தின் பொருள் இன்னும் அதிகமாகத் திரட்டப்படுகின்றது. இதனால் மேகத் துண்டுகள் தங்களுடைய சுய ஈர்ப்பு ஆற்றலினாலேயே தங்களை ஒன்றாகச் சேர்த்துப் பிடித்துக் கொள்ளுகின்றன. மேகம் போதிய அளவு குளிர்ந்தால் இதனால் ஏற்படும் பொருள் திரட்டு ஞாயிற்றைவிட அதிகப் பொருளை உடையனவாக இல்லாவிட்டாலும் அந்தத் துண்டுகள் தங்களைத் தாமே பிடித்து வைத்துக் கொள்ளும் திறனுடையவைகளாக ஆகிவிடுகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிலிருக்கும் பொருளின் ஈர்ப்புத் திறன் அதன் சுருங்கலின்படி. தரத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது என்பதை ஏற்கெனவே குறிப்பிட்டோம். இப்பொழுது இதையே சற்று வேறு வழியில் கூறுகிறோம். உச்ச நிறப்பிரிகை நிலையில் மொத்த இடைவெளி வாயுவின் ஈர்ப்புப்புலன்மட்டுமே சுருங்கலை விளைவிக்க முடியும். சுருங்கல் ஆரம்பித்த பிறகு மேகத்தினுள் தனிப் பகுதிகள் ஈாப்புப் புலன்களைத் தாமாகவே உற்பத்தி செய்து இவைகளைத் தாமாகவே சுருங்கும் அளவிற்கு வலுவாக்கிவிடும். மூல மேழப் பகுதி சுருங்கச் சுருங்கத் தாமாகவே சுருங்கக்கூடிய சிறிய பகுதிகள் இன்னும் சிறிதாகிக் கொண்டே யிருக்கும். கடைசியில் இவை ஞாயிற்றைவிட அதிக அளவு பொருள் இல்லாத ஒரு நிலையை அடைந்து தங்களைத் தங்களுடைய ஈர்ப்புத் திறனால் சேர்த்துப் பிடித்து வைக்கும் திறமையை இழந்து விடுகின்றன, ஆகையினால் இம் மேகத்திலில் ஒரு விண்மீன் தாரை உற்பத்தியாகின்றது.

விண்மீன்கள் கூட்டங்களாக உற்பத்தியாவது பிளியாடீஸ் (Pleiades) போன்ற வெளிப்படையான கொத்துக்களின் (படம் XVII) தொடக்கத்தைத் திருப்திகரமாக விளக்குகின்றது. எனினும், இந்தக் கொத்துக்களின் விண்மீன்கள் தனித்தனியாக உற்பத்தியாகிப் பிறகு ஒன்று சேர்ந்திருக்கலாம் என்று நினைக்கவே முடியாது.

விண்மீன் தாரைகளின் சிதறல் (Dispersing star showers)

பெரும்பாலான விண்மீன்கள் இப்பொழுது கொத்துக்களைச் சேர்ந்தவையல்ல. ஆனால், தம் வாழ்க்கையை ஆரம்பிக்கையில் எல்லா விண்மீன்களும் கூட்டங்களாகவே உருவாக்கப் பட்டன என்று கொள்ளவேண்டும். ஆனாலும், எல்லா விண் மீன்களும் தாரைகளாக உருவாகி, அவைகளில் பெரும்பாலும் சிதறிவிடுகின்றன என்றும் இதில் ஒரு சிறு பகுதிமட்டும் தொடர்பை விடாமல் காத்துக் கொள்கின்றன என்று கூறுவது சரியாகும். இந்தச் சிறு பகுதிகள் வெளிப்படையாகக் காணப் படும் கொத்துக்களாகும்.

ஏ. ப்ளாவ் (A. Blaauw) என்பவரால் சமீபத்தில் நடத்தப் பட்ட காட்சி ஆராய்ச்சி இதை நிரூபிக்க மிகவும் உதவியாக



படம் 54. [illegible]க் கொத்தில் விண்மீன்களின் இயக்கம்

இருக்கின்றது. விண்மீன் தாரையின் பெரும்பாலும் தனித்தனியே சிதறி விடுகின்றன என்று தெரிகின்றது. முதல் முதலாகப் ப்ளாவ் என்பவரால் ஆராயப்பட்டது வெளிச்சமான விண்மீன்

கண்டு கொண்டதும், G. பர்சை (G. Persei) என்ற விண்மீனை உறுப்பினராகக் கொண்டதுமான, விண்மீன் கொத்தாரும் மிகவும் கவனத்துடன் நடத்தப்பட்ட ஆராய்ச்சியின் காரணமாகப் படம் 54-ல் கொடுக்கப்பட்டபடி விண்மீன் இயக்கங்களைக் கண்டறிந்தார். இதன் தெளிவான முடிவு யாதெனில், படம் 54-ல் உள்ள விண்மீன்கள் எல்லாம் ஒரு பொதுவான மையத்திலிருந்து வெளிப்புறமாக விரிந்து கொண்டே போகின்றன என்பதாகும். இந்தக் கொத்தின் விட்ட அளவு 30 பார்செக்குகளாகும். நம்மிடமிருந்து 300 பார்செக் தொலைவில் உள்ளது. விண்மீன்களின் வேகம் சராசரியில் நொடிக்கு 12 கிலோமீட்டர்கள் அளவில் உள்ளன. இந்த வேகத்தில் விரிவடைந்தால், பரிமாணத்தில், இன்னும் ஒரு மில்லியன் ஆண்டுகளில் கணிசமாகப் பெரிதாகிவிடும். இதனால் G. பர்சை கொத்து ஒரு மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு மேல் அதிக வயதுடையதாக இருக்க முடியாது எனலாம். அப்படியிருந்தால் இதன் விண்மீன்கள் வெகு காலத்திற்கு முன்பே மறைந்திருக்கும்.

இந்த ஆராய்ச்சியை ஏனைய கொத்துக்களுக்குப் பயன்படுத்துவது எளிதல்ல. இளமையிலிருக்கும் விரியும் விண்மீன்களின் எண்ணிக்கை, ஒப்பிடக்கூடிய வகையில், மிகவும் குறைவானதே. G. பர்சை கூட்டத்தைப் போன்று அடக்கமானதாகவும், வசதியானதாகவும் இருக்கும் இளமையான விரியும் கொத்துக்களை மட்டுமே பார்க்கமுடியும். இதைத் தவிர விண்மீன்களின் இயக்கங்களைச் சரியானபடி அளக்க வேண்டுமானால் அந்தக் கொத்துப் போதிய அளவு அருகாமையில் இருக்கவேண்டும். இளமையானவும், நமக்கு அருகாமையிலும் இருக்கும்படியான கொத்துக்கள் நமக்கு அதிகமாகக் கிடைக்கா என்பது தெளிவு. G. பர்சைக் கொத்து இவ்வகையில் நமக்குக் கிடைத்திருப்பது அதிர்ஷ்டமேயாகும். இன்னும் தொடர்ந்து விரியும் கொத்துக்களைப் பற்றி ஆராயப் புதிய ஆராய்ச்சி முறை தேவைப்படும், நல்லகாலமாக, இன்னொரு முறை இருக்கின்றது. முதலில் கோள வடிவங்களில் உள்ள விரியும் விண்மீன்களின் கூட்டம் போகப்போகக் கோளங்களாகவே இருப்பதில்லை. ஏனென்றால், இவற்றைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் அண்டத்தின் ஈர்ப்புப் புலனின் காரணமாகப் பாதிக்கப்பட்டு விடுகின்றன. இதன் விளைவு முதலில் கோளவடிவில் இருந்த விண்மீன் கூட்டங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட வகையில் நீள்கோளங்களாக உருமாறி விடுகின்றன. விரியும் கொத்துக்களை இத்தகு குறிப்பான உருவத்தைக் கொண்டு நன்கு பிரித்து விடலாம். பிளாவ் என்பவர் வானத்தில் ஸ்கார்பியோ—சென்டாரஸ் (Scorpio—Centarus) என்ற பகுதியில் இம்மாதிரியான

ஒரு நீள் கோளக் கூட்டத்தைக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். இந்தக் கூட்டம் 2,000 பார்செக்ஸ் தொலைவில் இருக்கின்றது. இது நொடிக்கு 1·7 கிலோமீட்டர் வீதம் விரிந்துகொண்டிருக்கின்றது, லாசெர்டா என்ற விண்மீன் மண்டலத்தில் ப்ளாவ் என்பவரும், மார்கன் (Margan) என்பவரும் இது மாதிரியான இன்னொரு கூட்டத்தைக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார்கள்.

ப்ளாவ் என்பவரின் நேரிடை ஆராய்ச்சிக்கு முன்பே ரஷிய நாட்டைச் சேர்ந்த வானநூலறிஞரான வி. ஏ. ஆம்பர்ட்ஜுமியன் (V. A. Ambartzumian) என்பவரால் சரியானபடி முன்கூட்டியே எதிர் பார்க்கப்பட்டது. அவருடைய காரணங்கள் கிட்டத்தட்ட மேற்கூறியபடியே இருந்தன. முக்கிய வரிசையில் மேல் பகுதியில் உள்ள வெளிச்சமுடைய விண்மீன்கள் கூட்டமாக இருக்கின்றன என்பதை அவர் அறிந்தார், கூட்டங்களைச் சேர்க்கைகள் என்று அவர் குறிப்பிட்டார். இந்தச் சேர்க்கைகளை ஆராய்ந்து முடிவில் மேற்சொன்ன விளக்கத்தையே கொடுத்தார். அதாவது இவை விரிவடையும் கொத்துக்களென்றும், இவைகளின் உருவமைப்பு முதலில் கோளவடிவில் இருந்து பிறகு அண்டத்தின் ஈர்ப்புப் புலன் காரணமாக உருத்திரிந்த அமைப்பை அடைந்தன என்பதாகும். ஆம்பர்ட்ஜுமியன், விரிவின் நேர் வேகம் சுமார் நொடிக்கு 1 கிலோ மீட்டரிலிருந்து 10 கிலோ மீட்டர்கள் வரை இருக்கலாம் என்றும் முடிவு கண்டார். இது ப்ளாவ் என்பவரால் கொடுக்கப்பட்ட எல்லையேயாகும், G. பர்ஸைக் கொத்து ஒரு புறத்திலும், மற்றொரு புறத்தில் ஸ்கார்ப்பியோ செண்ட்டாரிஸ் கூட்டமும் ஆக உள்ளது.

இடைவெளி மேகங்களின் சுருக்கம் (The shrinkage of the interstellar cloud)

விண்மீன்களின் உற்பத்தியைப் பற்றிய விவரங்களை நாம் ஆராயவேண்டும். ஏன் G. பர்ஸைப் போன்ற விண்மீன் கொத்துக்கள் விரிந்துகொண்டேயிருக்கின்றன என்பதையும் ப்ளியாடீஸ்கள் போன்ற கொத்துக்கள் ஒன்றாகச் சேர்ந்தபடியே இருக்கின்றன என்பதையும் இன்னும் விளக்க வில்லை. தீர்க்கப்பட வேண்டிய இன்னும் பல நுட்பப் பிரச்சினைகள் இருக்கின்றன. ஏன் எல்லா வாயு மேகங்களும் வெகுகாலத்திற்கு முன்பே விண்மீன்களாகக் குளிர்வடையவில்லை? நம்முடைய அண்டம் 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் வயதை உடையது; இதற்கான ஏராளமான வாயு எப்படி இத்தனை ஆண்டுகளும் விண்மீனாகக் குளிர்வடையாமல் இருக்கின்றது?

முதலில் கடைசிக் கேள்வியை எடுத்துக்கொள்வோம். முதலில் விண்மீன்களுக்கான வாயு விண்மீன்களாகக் குளிர்வடைவது போல் ஆரம்பிக்கின்றது ; ஏனென்றால், மேகங்களாக வாயு சுருங்க ஆரம்பிக்கின்றது. மேகங்களாகக் குளிர்ந்தவுடன் தான் விண்மீன் உற்பத்தியில் தாமதம் ஏற்படுகின்றது. ஏனென்றால், அடர்த்தியான மேகங்கள் ஒளிபுகுவதற்கு இயலாத நிலையில் இருப்பதால் கதிரியக்கம் ஏற்படுவதில்லை. இதில் முக்கியமாக உட்சிவப்புக் கதிர்கள் (இன்ஃப்ராரெட் கதிர்கள்) புகமுடியாது. இதனால் சுருக்கம் தாமதிக்கப்படுகின்றது. ஓர் அடர்த்தியான மேகத்தின் நடத்தை அணு விளைவுகளினால் ஆற்றல் உற்பத்தியை இழந்த ஒரு விண்மீனின் நடத்தையைப் போலாகும். மேகத்தின் உட்புறத்தில், வெப்பநிலை வெளிப்புறத்தைவிட அதிகமாக இருந்தால் ஆற்றல் பெருக்கு வெளி நோக்கி இருக்கும். இது மேற்புறத்திலிருந்து வெளிப்புறமாகக் கதிர்ப் பாய்ச்சலை ஏற்படுத்துகிறது. இவ்வாறு, ஒரு நிலையாக இழக்கப்படும் ஆற்றலைச் சரியாக்க மேகம் மிகவும் நிதானமாகச் சுருங்குகின்றது. அப்பொழுது மேகத்தினுள் ஈர்ப்பு ஆற்றல் அழுத்தச் சமநிலையைக் காக்க முடிகின்றது. இவ்வாறு கருதத்தக்க அளவில் சுருக்கம் ஏற்பட்டால் இதற்கான காலம் பல நூற்றுக்கணக்கான அல்லது ஆயிரக்கணக்கான மில்லியன் ஆண்டுகள் ஆகும்.

விண்மீன் மேகங்கள் தூசுத் துகள்களின் மறைக்கும் தன்மையால் ஒளி புகா வண்ணம் அமைகின்றன. படம் XXVI-ல் பெரிய கருமையான தூசுப்பட்டை இருப்பதைக் கவனிக்கவும். உட்சிவப்புக்கதிரின் (இன்ஃபராரெட்) எல்லையில் மேகங்கள் ஒளி புகா வண்ணம் இருக்கின்றன. இதற்குக் காரணம் தூசுத்துகள்களே. ஆனால், இது நேரிடையான மறைக்கும் தன்மையினால் அல்ல. சுற்றியுள்ள வாயுக்களிலிருக்கும் ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் தூசுத் துகள்களோடு மோதுவதன்றிச் சில சமயங்களில் இவைகளுடன் ஒட்டிக்கொள்கின்றன. இதனால் தூசுத்துகள்கள் ஒரு மெல்லிய ஹைட்ரஜன் மேற்போர்வையை உடையனவாகும். இந்த மென் தோலாக உள்ள போர்வையிலிருக்கும் அணுக்கள் அடுத்தடுத்து இருப்பதால் இவை ஒன்று சேர்ந்து கூட்டணுக்களாக மாறி, தூசுக்களினுலான பகுதியைவிட்டு ஆவியாகி வாயுவில் கலந்து விடுகின்றன. இவ்வாறாக வாயு, அணுக்களையும், கூட்டணுக்களையும் உடையதாகின்றது. அப்பொழுது ஹைட்ரஜன் கூட்டணுக்கள் முடிவான விளைவுகளை ஏற்படுத்துகின்றன. இவை விண்மீன்களுக்கான வாயுவை மிகக்குறைந்த வெப்பநிலைகளுக்குக் குளிரச்செய்கின்றன, 300 டிகிரிகள் உறைபனியாக (பாரன்ஹீட் டிகிரிகள்). இவை மேலும் மற்றக் கூட்டணுக்களுடன் சேர்ந்து

நீர், அம்மோனியா இவைகளுடன் சேர்ந்து, அடர்த்தியான மேகங்களை உட்செலுத்தப்படும் கதிர்ப் (இன்ஃபராரெட்) பகுதியில் சுதிரியக்கத்திற்கு மறை பொருளாக அமைந்து விடுகின்றன.

விண்மீன்களுக்கான வாயுவின் பொருண்மையில், தூசுத் துகள்கள் ஒரு சிறுபகுதியே. ஆயினும், இவ்வாறாக வாயுவின் தன்மையைக் கட்டுப்படுத்த மிகவும் முக்கியமானதாக இருக்கின்றன. தூசுத்துகள்கள் பற்றித் தற்போது போதிய அளவு விவரங்கள் இல்லை; ஆயினும் இந்தத் தூசுத்துகள்கள் மிகவும் முக்கியமானவை யாகையால், இவைகளின் மூலத்தைப் பற்றிச் சில குறிப்புகளைக் கொடுப்பது பொருத்தமானதாகும்.

மூரல்பட்ட தூசுகளின் உற்பத்தி பற்றி இரண்டு முறைகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஒரு கருத்து விண்மீன்களின் ஆக்கத்திற்கான மேகங்களிலிருந்து கிடைக்கும் வாயுப் பொருள்களிலிருந்து சிறு துகள்களாகக் குளிர்வடைந்து இவை கிடைக்கின்றன என்பதாகும். அதாவது நம் புவியின் வளியிலுள்ள ஆவியிலிருந்து எப்படி நீர்த்துளிகள் குளிர்ந்து ஏற்படுகின்றனவோ அதே போலாகும். பேட்ஸ், ஸ்பிட்ஸர் (Bates and Spitzer) என்பவர்களின் ஆராய்ச்சியின்படி இது அடர்த்தியாக உள்ள மேகங்களின் உட்புறத்தில் ஏற்படுகிறது எனலாம். ஆனால், இடைவெளி வாயு மேகங்களாகத்தான், குறிப்பாக அடர்த்தியான மேகங்களாகத்தான், குளிர் வடையலாம். இது மிகவும் குளிர்ந்த நிலையிலிருந்தால் இவ்வாறாகும். குளிர்ந்த வாயுவை உற்பத்தி செய்யக் கூட்டணுக்கள் தேவைப்படும். கூட்டணுக்களை உற்பத்தி செய்யத் தூசுகள் தேவைப்படும், ஆகையினால், நம் வாதம் ஒரு வட்டப்பாதை மாதிரி இருக்கின்றது. அதாவது தூசுகளைக் குளிர்வடையச் செய்யத் தூசுகள் இருக்கவேண்டும். தூசுகளே இல்லாவிட்டால் இம்மாதிரி தூசுகள் உருவாகா.

இரண்டாவது கருத்தாவது, குறைந்த மேற்புற வெப்பநிலைகளை உடைய விண்மீன்களின் வளியில் தூசுத்துகள்கள் உற்பத்தியாகின்றன என்பது. 2,000 டிகிரிகளுக்குக் கீழே உள்ள வெப்பநிலையில் ஒரு விண்மீனின் வளியில் உள்ள கார்பன் அணுக்கள் வாயுவாக நிலைத்திராமல், திட்பத்துகள்களாகக் குளிர்ந்து விடும் என்று காண்பித்து விடலாம். இதோடு இத்துகள்கள் ஒரு நீல ஒளியின் அலைநீளத்தைப் போன்ற வளர்ச்சியை உடையதானால் — ஒரு நூறாயிரத்தில் ஒரு பகுதி அங்குல அளவு—அப்பொழுது விண்மீனின் கதிரியக்கம் இவைகளை வெளிப்புறமாகத் தள்ளிவிடும். விண்மீனின் ஈர்ப்பு ஆற்றல் இவைகளை உட்புறமாக இழுத்தாலும் கூட இவ்வாறு ஏற்படும்.

இந்தக் கருத்தும் கூடச் சில கண்டனங்களைச் சமாளிக்க வேண்டும். பெரும்பாலான விண்மீன்களில், குறைந்த வெப்ப நிலையுடையதாக இவை இருந்தால், கார்பன் அணுக்கள், ஆக்சிஜன் அணுக்களோடு சேர்ந்து கார்பன் மானாக்ஸைட் என்ற கூட்டணுக்களை உற்பத்தியாக்கிவிடுகின்றன. கார்பன் மானாக்சைடுகள் தூசுக்கள் உருவாக்கா. இரண்டாவது இடர்ப்பாடு யாதென்றால், தூசுகள் விண்மீன்களிலிருந்து உற்பத்தியாவ தென்றால் விண்மீன்கள் துகள்களுக்கு முன்பு இருந்திருக்க வேண்டும். ஆனால், நம் வாத்ததின்படி, முதலிடையாகப் பார்த்தால், தூசுக்கள் விண்மீன்களுக்கு முன் இருந்திருக்க வேண்டும் என்று ஆகும். ஏனென்றால், விண்மீன்களுக்கான வாயு, மேகங்களும், விண்மீன்களும் குளிர்வதற்கு ஏற்றபடி இருக்காது. இந்தக் காரணத்திற்காக இரண்டாவது கருத்தையும் நாம் கைவிட நினைக்கலாம். ஆனால், நான் இதைப் புறக்கணிக்க விரும்பவில்லை. ஏனென்றால், இது நேரிடை ஆராய்ச்சிக்குப் பொருந்தியிருக்கிறது. விண்மீன்களிற்கான தூசுத் துகள்கள் பரிமாணத்தில் உண்மையாகவே ஓர் அங்குலத்தில் நாலாயிரத்தில் ஒரு பகுதி அளவில் இருக்கின்றது. இந்தப் பரிமாணத்திலிருக்கும் பொழுதுதான் விண்மீன்களின் மூல அமைப்பு இவைகளை வானவெளியில் வெளியேற்றி விடுகின்றன.

நாம் தெரிந்து கொள்ள வேண்டியது ஏராளமாயினும், நாம் குறிப்பிட்ட இரண்டு இடர்ப்பாடுகளையும் தீர்க்க முடியும். வளியில் கார்பன் கொண்டுள்ள சிறப்பான விண்மீன்கள் உள்ளன; இந்தக் கார்பன் அணுக்கள் ஆக்ஸிஜனோடு கலக்கப் படாமல் தனியாக நிற்கின்றன. இவைகளைக் கார்பன்- விண்மீன்கள் என்று குறிப்பிட்டு அழைக்கின்றார்கள். அந்தக் கார்பன்- விண்மீன்கள் குளிர்ந்த வளியை உடைய விண்மீன்களாகவும் இருக்கின்றன. ஆகையினால், அந்த விண்மீன்கள் அவைகளின் மேற்புற வெப்ப நிலை 2,000 டிகிரிகளுக்குக் கீழ்ச் செல்ல வேண்டுமானால் ஒரு புகை வடிவான மழைத்தாரையைப் பொழிய வேண்டும்.

தூசுகள், விண்மீன்கள் இவைகளில் எது முன் ஏற்பட்டது என்ற பிரச்சினையைத் தீர்ப்பதும் சாத்தியமாக இருக்கலாம். பின்வரும் ஓர் அத்தியாயத்தில் அண்டத்தின் நடுப்பகுதியிலுள்ள விண்மீன்கள் எப்படி உருவாக்க முறையில் சுருள் கிளைகளைச் சேர்ந்த விண்மீன்களினின்றும் மாறுபட்டவை என்பதைக் காண்போம். உட்புறத்தில் உள்ள அணுக்கள் தூசுக்களே இல்லாத ஒருமுறையில்தான் உருவாக்கப்படுகின்றன என்பதைக் காண்போம். ஆகையினால், நடுப்பகுதியிலுள்ள விண்மீன்கள் தூசுகள் ஏற்படுவதற்கு முன்பாகவே உற்பத்தியாகி இருக்கவேண்டும். இது

தம் இடர்ப்பாட்டைக் களைவது போலிருக்கும். எனினும், இந்த நிலையில் முதலில் தேவைப்படும் தூசுகளை முற்பகுதி விண்மீன்கள் தான் கொடுத்தன என்று சொல்லிவிடலாம்.

விண்மீன்களாகப் பிரிந்து விழுதல் (Fragmentation into stars)

ஒரு குளிர்வடையும் விண்மீன் வாயு ஏன் பல நூற்றுக்கணக் கான அல்லது பல ஆயிரக்கணக்கான விண்மீன் தாரைகளாகப் பிரிந்திருக்கவேண்டும்? ஏன் அதே ஒரு பெரிய விண்மீனாகச் சுருங்கி இருக்கக் கூடாது? இப்பொழுது இந்த முக்கியமான கேள்விக்குப் பதில் கொடுக்கலாம்.

மேகம் சுருங்கும் பொழுது ஈர்ப்பு ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இது ஒரு சுருங்கும் விண்மீனில் உட்புற வெப்பநிலை எப்படி அதிகரிக்கின்றதோ அதுபோல் மேகத்தின் உட்புற வெப்பநிலை யையும் அதிகரிக்கச்செய்கிறது. ஆகையினால் கூடிய சீக்கிரமே மேகத்தின் நடுப்பகுதிகளில் உள்ள கூட்டணுக்கள் அணுக்களாகப் பிரிவதும் தூசுத் துகள்கள் வாயுவாய் மாறுவதும் தேவைப்பட்ட அளவு வெப்பநிலை அதிகமாகிறது. அப்பொழுதுதான் மிகவும் முக்கியமான நிகழ்ச்சி ஒன்று ஏற்படுகிறது. அத்தியாயம் 17-ல் விளக்கப்பட்டிருக்கும் அதே முறைப்படி வாயுவானது விண்மீன் களின் தாரையாகப் பிரிக்கப்படுகின்றது. இந்தப் பிரிவு மிகவும் விரைவாக இருக்கின்றது. கால அளவில் சில ஆயிர ஆண்டுகளுக்கு மேல் இருக்காது!

இந்த வித்தியாசமான நிகழ்ச்சி, வெப்பநிலை சுமார் 13,000 டிகிரி வரைக்கு உயரும் பொழுது ஏற்படுகின்றது. இந்த வெப்பநிலை, மேகம் அதன் தொடக்கப் பரிமாணத்தில் ஒரு சதவிகித அளவிற்குச் சுருங்கும் பொழுது ஏற்படுகின்றது. முதலில் உள்ள பரிமாணம் 10 பார்செக்குகள் என்று வைத்தால் மேகம் ஒரு பார்செக்கின் பத்தில் ஒரு பங்கு என்ற அளவிற்கு அதன் பரிமாணம் குறையும் படி சுருங்கினால் விண்மீன்களாக முறிவடையும். இந்த அளவிற்குச் சுருங்கினால் அடர்த்தி ஒரு மில்லியன் மடங்கு அதிகரிக்கின்றது. இப்படியாக, ஒரு கன சென்டிமீட்டருக்கு 10 அணுக்களாவுள்ள (பெரும்பாலும் ஹைட்ரஜனே) முதலாவது மூன்று ஏற்படும் சுருக்கம் அடர்த்தியை ஒரு கனசென்டிமீட்டருக்கு 10 மில் லியன் அணுக்களாக அதிகரித்துவிடும். இந்தக் கட்டம், விண் மீன்களின் வாயுவைப் பொறுத்தவரை மிகவும் அதிகமாக இருந்த போதிலும் ஒரு விண்மீனின் உட்புறச் சராசரி அடர்த்தியைவிட மிகக் குறைவாகும். உதாரணமாக, சூரியனின் உட்புறத்தில் சராசரி அடர்த்தி ஒரு கன சென்டிமீட்டருக்கு 1,000,000,000, 000,000,000,000,000 அணுக்களாகும். முறிவடைந்த பிறகும்,

விண்மீன்கள் உண்மையாக அமையத் தொடர்ச்சியாகப் பொருள் திட்பம் கருதத்தக்க அளவில் ஏற்பட வேண்டும் என்பது தெளிவு.

கணக்கீட்டிலிருந்து விண்மீன்களின் தொடக்கப் பொருண்மை ஞாயிற்றைப்போல் ஐந்தில் ஒரு பங்கிலிருந்து, ஞாயிற்றைவிட இரண்டு மடங்குவரை இருக்கலாம் என்று தெரிகின்றது. அவை உற்பத்தியாகும் பொழுது, விண்மீன்கள் முக்கிய வரிசையில் இருந்தாலும், ஞாயிற்றிற்கு மேல் எல்லா மட்டங்களுக்கும் ஏற்ற வாறு நிரம்பி விடாது—வெளிச்ச அளவில் ஞாயிற்றின் வெளிச் சத்தைப்போல் 20 மடங்குகள்தான் இருக்கும். இப்படியானால் நீலப்பெரு மீன்கள் எப்படி ஏற்படுகின்றன? சுற்றியுள்ள வாயுவை இன்னும் தொடர்ந்து கூட்டினால் இவை ஏற்படலாம். மேகத்தில் சூடாக்கப்பட்ட மிகவும் உட்புறமாகவுள்ள பகுதியே விண்மீன் களாக முறிவடையப் பெறுகின்றன என்பதை நாம் நினைவில் வைக்க வேண்டும். ஆகையினால் விண்மீன்கள் அவை உற்பத்தி யாகும் நேரத்தில் ஒப்பிடத்தக்க அளவு அடர்த்தியை உடைய ஒரு மேகத்தினால், அதாவது ஒரு கன செண்ட்டிமீட்டருக்கு சுமாராக 10 மில்லியன் அணுக்களை உடைய மேகத்தினால் சூழப்பட்டிருக்க வேண்டும். இம்மாதிரி ஊட்டமுடைய ஊடகத்தில் (nutritive medium) மூழ்கியிருக்கும் விண்மீன் அத்தியாயம் 7-ல் விவரிக்கப் பட்ட குடையும் முறையில் (tunnelling) process) விரைவாக வளர்ச்சி அடைய வேண்டும்.

வாயுவின் சூடாக்கம் (The heating of the gas)

விண்மீன்கள் குடையும் முறையில் நீலப் பெருமீன்களாக வளர அலைகளின் கதிரியக்கமும் அதிகமாகும். புற ஊதாக்கதிர் (அல்ட்ரா வயலட்) எல்லையில் உள்ள கதிரியக்கமும் கணிசமாக அதிரிக்கின்றது. புற ஊதாக் (அல்ட்ரா வைலட்) கதிரியக்கம் சூழ்ந்திருக்கும் வாயுவினால் கருதத்தக்க அளவில் உட்கொள்ளப் பட்டு இந்த வாயு மிகவும் சூடாக்கப்பட்டுவிடும். ஆகையினால், நாளடைவில் இந்த வாயுவின் வெப்பநிலை ஏற்கெனவே இருக்கும் விண்மீன்களின் வெப்ப நிலையைப் போலவே அதிகரித்து விடும். 20,000 டிகிரி அளவில் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும். சில விலக்கான தறுவாய்களைத் தவிர்த்து (இவைகளைப் பற்றிப் பிறகு குறிப்பிடு வோம்) வாயு, மேகத்தை விட்டுச் சூழ்ந்திருக்கும் வான வெளியில் கலந்துவிடும்.

ஆகையினால், நீலப் பெருமீன்களின் ஆக்கம் தானாகவே முடி வடையும் ஒரு நிகழ்ச்சியாகத் தோன்றுகிறது. சீக்கிரமாகவே

நீலப் பெருமீன்கள் சூழ்ந்துள்ள வாயுவை உதறித்தள்ளிவிடும்; அப்பொழுது குடையும் முறையும் முடிவடையும். இது ஒரு முக்கியப் பிரச்சினையை எழுப்புகிறது. புதிதாக அமைக்கப்பட்ட ஒரு கொத்தினுள் விண்மீன்கள் இயக்கமுடையவைகளாகும். ஆனால்; முதலிலிருந்த எல்லா வாயுவும் கொத்தின் உள்ளோ அல்லது வெளியிலோ இருக்கும்வரை விண்மீன்களைச் சிதறச் செய்யாது. இவை மற்ற விண்மீன்களைச் சுற்றியோ அல்லது வாயுவினுள்ளோ இயங்கி வருகின்றன. ஆனால், வாயு நீங்கியபிறகு முன்போலவே இயக்கங்களை ஆயத்தமான வகையில் கட்டுப்படுத்தாது. ஏனென்றால், ஈர்ப்புப் புலன் வாயுவின் நீக்கலினால் வலுவிழந்ததாக ஆகிவிடுகின்றது. இப்பொழுது இரண்டு நிலைகள் ஏற்படுகின்றன. ஒன்று விண்மீன்களின் நேர் வேகங்கள் கொத்துக்களின் பரிமாணத்தை அதிகப்படுத்தி, அவைகளை முற்றிலும் சிதறி விடாமல் செய்வது. இந்த நிலைகள் வெளிப்படையான கொத்துக்களுக்கு உரியதாகும். ப்ளியாடிஸும், ப்ரீஸேப் (Praesepe) பும் இந்தவகையில் உருவானவை எனலாம். இதர நிலைகளில் நேர் வேகங்கள் விண்மீன்களை முற்றிலும் சிதறச் செய்வதற்குப் போதியதாக இருக்கும். ப்ளாவ், ஆம்பர்ட்சூமியன் என்பவர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட விரியும் கொத்துக்களை இந்த இரண்டாவது வகையில் சேர்க்கலாம். விரியும்போதுள்ள நேர் வேகங்களைக் கணக்கிட்டுவிடலாம். விரிவதற்கு முன்பு பத்தில் ஒரு பங்கு பார்செக் அளவில் இருக்கும் விட்டத்தை உடைய ஓர் அமைப்பைச் சேர்ந்த விண்மீன்களின் விரியும் நேர்வேகம், பொருண்மை ஞாயிற்றைப்போல் 1,000 மடங்குகள் இருக்கும்பொழுது, சாரசரியில் ஒரு நொடிக்கு 3 கிலோ மீட்டர்கள் அளவில் இருக்கும் பார்செக் அளவில் பத்தில் ஒரு பங்கு என்பது நம்முடைய ஆராய்ச்சியிலிருந்து நமக்குக் கிடைக்கும் ஓர் அளவாகும். இந்த நிலை ஆம்பர்ட்சூமியன் என்பவர் கூறியதற்கும், ப்ளாவ் என்பவர் நேரிடையாக ஆராய்ந்து கண்டுபிடித்ததற்கும் இடையாக உள்ள ஓர் அளவாகும். அதாவது 1 கிலோ மீட்டரிலிருந்து 10 கிலோ மீட்டர்கள் எல்லைக்குள் உள்ளதாகும்.[1]

ஒரு கொத்து சிதறிவிடுகிறதா இல்லையா என்பதை நிர்ணயிப்பது எது? முதலில் உள்ள மேகத்தில் எவ்வளவு பங்கு விண்மீன்களாக் குளிர்வடைகிறது என்பதைப் பொறுத்ததே இதற்கு

[1]இந்தக் கருத்து இந்த ஆசிரியர் 1953-ல் இளவேனிற்காலத்தில், பிரின்ஸ்டன் பல்கலைக்கழகத்தில் (Princecton University) ஒரு விரிவுரையின் பொழுது தெரிவித்ததாகும். இதே கருத்தை டாக்டர் F. ஜூவிக்கி (Dr. F. Zuvichy) என்பவரும் 1953-ம் ஆண்டு ஜூன் மாதம் பசிபிக் வானநூல் சங்கக் கூட்டம் ஒன்றில் தெரிவித்தார்.

ஏற்ற விடையாகும். குறைந்த அளவில் குளிர்வு ஏற்பட்டால் ஈர்ப்பு ஆற்றலின் பிடிப்புத் தன்மை பெரும்பாலும் வாயுவினால் ஏற்படுவதே அன்றி விண்மீன்களினின்று கிடைப்பதாகாது. வாயு பெரும்பாலும் ஆவியாக மாற்றப்பட்டபிறகு கட்டுப்படுத்தும் ஈர்ப்புப் புலன் நீங்கிவிடும். இந்த நிலைகளில் விண்மீன்கள் முற்றிலும் ஆவியாகிவிடும். ஆனால், அதிகமான அளவில் வாயுவின் மீன்களாகக் குளிர்வடைந்தால் அப்பொழுது மீதியுள்ள வாயு ஆவியாக்கப்பட்டாலும் கட்டுப்படுத்தும் ஈர்ப்புப்புலனை வலுவு குன்றியதாக ஆக்கிவிடாது. இந்த நிலைகளில் கொத்துக்கள் முற்றிலும் ஆவியாக்கப்பட்டு விடாது. இந்த நிலையிலும் சிறிதளவு விரிவும் ஏற்படலாம்.

இன்னொருவகை அமைப்பு முறையையும் இங்குக் குறிப்பிடலாம். சில விலக்கான நிலைகளில் ஒரு மேகமோ அல்லது ஒரு மேகத்தின் ஒரு பகுதியோ சுருங்கி, இதனால் ஏற்படும் வெப்பம் நீலப் பெருமீன்கள் இருந்த போதிலும் வாயுவைக் கொத்திலிருந்தும் ஆவியாக்கி நீக்கிவிடுவதற்குப் போதியதாக இராது. இந்த நிலை ஏற்படுவதற்கான தேவையான திட்டம் மிகவும் அதிகமாகும். ஞாயிற்றைவிட 1,000 மடங்கு பொருண்மையை உடைய ஒரு மேகம் வெளிச்சமாக உள்ள நீல விண்மீன்களினால் சூடாக்கப்பட்டு ஆவியாக்கப்படாமலிருக்க ஒரு பார்செக்கில் பத்தில் ஒரு பங்கிற்கும் குறைவான அளவு சுருங்கவேண்டியதாகும். அப்பொழுது வளர்ச்சி முறையில் இரண்டு நிலைகள் சாத்தியமாகும். ஒன்று மொத்த வாயுவும் மேகத்தினுள் இருக்கும் விண்மீன்களினால் கூட்டப்பட்டு விடுவது, மற்றொன்று மொத்த வாயுவும் கூட்டப் படுவதற்கு முன்பு ஒரு வெளிச்சமான விண்மீன் மட்டும் சூபர் நோவா என்ற சிறப்புப் புதுமீனாக வளர்ச்சி பெறுவது இந்த சூபர்நோவாவினால் வெளிவிடப்படும் ஆற்றல் மிகவும் அதிகமாக இருப்பதினால் இந்த இரண்டாவது நிலையில் மீதியுள்ள வாயு மிகவும் அதிக வெப்பநிலைக்கு சூடாக்கப்பட்டு விடுகிறது. இது அதிக வெளிச்சமுடைய நீலப் பெருமீன்களின் கதிரியக்கத்தினால் கிடைக்கும் வெப்பநிலையைக் காட்டிலும் அதிக வெப்பமுடையதாகும். அப்பொழுது மீதியிருக்கும் வாயுவின் ஆவியாக்கம் தாமதிக்கப்படாது, கொத்தின் கட்டுப்படுத்தும் தன்மை இருந்த போதிலும் இது ஒருபோதும் தாமதிக்கப்படாது. வாயு நீங்கிய உடன் கொத்திலுள்ள விண்மீன்கள் முன்போலவே விரிவடைந்து சிதறப்பட்டுவிடும். ஆனால், இப்பொழுது விண்மீன்களின் நேர் வேகம் முன்பைவிட அதிகமாக இருக்கும். ஒரு பார்செக்சில், பரிமாணத்தில் பத்தில் ஒரு பங்காக இருக்கும் ஒரு மேகம், ஞாயிற்றைவிட 1,000 மடங்குகள் அதிகப் பொருண்மை உடைய

தானல் அதன் விண்மீன்களின் விரிவுவேகம் நொடிக்கு 100 கிலோ மீட்டர்கள் வரை இருக்கலாம். ப்ளாவ் என்பவரும், மார்கன் என்பவரும் சமீபத்தில் ஏ.ஈ. ஆருகி (A.E. Aurigae) எம். கொலம்பி (M. Columbac) என்ற இரண்டு வெளிச்சமான நீல விண்மீன்களைக் கண்டறிந்தது குறிப்பிடத்தக்கதாகும். இவை இரண்டும் பொதுவான மையத்திலிருந்து ஏறக்குறைய நேரெதிராக உள்ள திசைகளில் வெளிநோக்கிச் சென்று கொண்டிருக்கின்றன. இந்த இரண்டு விண்மீன்களின் இயக்க வேகங்கள் நொடிக்கு 127 கிலோ மீட்டர்களாகும். இவ்வளவு அதிக நேர்வேகங்கள் சூபர்நோவா இல்லாமல் எப்படி ஏற்பட முடியும் என்பது தெளிவாக வில்லை.

தனிப்பட்ட வகையில் அடர்த்தியாக உள்ள வாயுமேகங்களின் உள்ளே இருக்கும் சூபர்நோவா ஒன்று வெடிப்பதால்தான் நம் அண்டத்தில் கிட்டத்தட்டக் கோளவடிவில் இருக்கும் விரியும் மேகங்கள் காணப்படுகின்றன என்று விளக்கிக் கூறலாம். இவை மேலெழுந்தவாருகப் பார்க்கப்போனல் சூபர்நோவாக்களிஞல் கிடைக்கும் பொருள்கள் என்று தோன்றும். ஆனல், சூபர் நோவாவிஞல் கிடைக்கும் வாயுக்களைவிட மிகக்குறைந்த வேகத்தோடுதான் விரிவடைகின்றன. நொடிக்கு நூற்றுக்கணக்கான, அல்லது ஆயிரக்கணக்கான கிலோ மீட்டர்கள் அளவில் இவை சூபர்நோவாவிலிருந்து கிடைக்கக்கூடிய பொருளைவிட அதிகப் பொருள் உடையனவாக உள்ளன. இவ்வகையைச் சேர்ந்த மிகவும் நிதானமாக விரிவடைந்துவரும் மேகங்கள் படம் XXX-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

சுருங்கிவரும் விண்மீன்களுக்கான மேகங்களைக் கண்டறிதல் (Recognising shrinking interstellar clouds)

சுருங்கும் விண்மீன்களுக்கான மேகம் பார்க்கக்கூடிய ஒளியைப் பொறுத்தவரை மறைவுத்தன்மை (opaque) உடையதாக இருக்கும். மேகத்தின் மிகவும் உட்புறத்திலுள்ள தூசுகள் முற்றிலும் ஆவியாக நீக்கப்பட்டாலும் வெளிப்புறத்திலுள்ள தூசுகள் மிகவும் அதிக மறைவுத் தன்மையை ஏற்படுத்திவிடும். ஆகையினல், சுருங்கும் மேகத்தை கிட்டத்தட்டக் கோள வடிவிலுள்ள மறைவுத் தன்மை வாய்ந்த ஒரு குமிழாக நினைக்க வேண்டும். இவ்வாறான கருமையான குமிழ்களைப் படம் XXXII-ல் உள்ள நெபுல அமைப்புகளில் காணலாம். இந்தக் குமிழ்கள் வெளிச்சமுடைய மேகங்களின் எதிரே வெளிப்பட்டிருப்பதால் இவைகளைக் காணமுடிகின்றது. ஒரு கருமையான சிறு கோளத்தை (Globule) அதன் ஒளியைக்கொண்டே காணமுடியாது என்பது தெளிவு.

கருமையான சிறுகோள்களுக்கும் விண்மீன்களின் ஆக்கத்திற்கும் உள்ள தொடர்பைப் பற்றிப் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்பே பாக் (Bok) என்பவரும் ரைல்லி (Reilly) என்பவரும் சுட்டிக் காட்டினர்கள். இதை ஸ்பிட்ஸர் (Spitzer) என்பவரும் விப்பிள் (Whipple) என்பவரும் விரிவுபடுத்தினர்கள். இந்தக் கருத்தைப் பாடே என்பவர் எதிர்த்தார். இவர், நம்முடைய அண்டத்தின் சுருள் கிளைகளிலுள்ள விண்மீன்களின் ஆக்கத்திற்கும் கருமையான சிறு கோள்களுக்கும் யாதொரு தொடர்பும் இருப்பதாகக் கருதவில்லை. வாயுவுக்கும், விண்மீன்களுக்கும் இடையே சிறு கோள்கள் இருப்பதாக இதுவரை தெரியவில்லை.

பார்ப்பதற்கு முரண்பாடாக இருக்கும் இந்தக் கருத்துகளை ஒன்றுபடுத்துவது சாத்தியமாக இருக்கலாம். கருமையான சிறு கோள்களுக்கும் விண்மீன்களின் ஆக்க நிலைக்கும் காட்சி முறையில் யாதொரு தொடர்பும் காணப்படாமல் இருப்பது பாடேவின் கருத்திற்கு ஒரு வலுவான ஆதாரமாகத் தென்படலாம். ஆனால், விண்மீன்கள் கொத்துக்களாக குளிர்வு முறையினல் வெளிப்படுவதற்கு மூலகாரணமாக இருக்கும் மேகங்கள் விண்மீன் உருவாக்கத்திற்கு முன்பு கருமையான சிறு கோள்கள் போல் தென்பட்டிருக்கவேண்டும். இந்த இரண்டக நிலைக்குத் (dilemma) தகுந்த சமாதானமாவது கருமை நிறமுடைய சிறுகோள்களில் பெரும்பான்மையானவை பெரிதாக உள்ள விண்மீன்களுக்குரிய மேகங்களுக்கு வெளியே இருந்திருக்க முடியாது என்பதாகலாம். இதைப் படம் XXXII-ல் உள்ள கருமையான சிறு கோள்களைப் பார்த்துத் தெரிந்துகொள்ளலாம். இவைகளில் பெரும்பாலும் மூல மேகங்களினுள்ளே நெருக்கமாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இங்கு நாம் காண்பதற்கு இயலாது. ஆகையினுல் விண்மீன்களின் உருவாக்கம் முக்கியமாகப் பெரிய மேகங்களின் உள்ளேதான் ஏற்படுகின்றது என்று ஆகும். இந்த முறையில் பாடேவின் கருத்தை ஒரு சமாதானத்திற்குரியதாகச் செய்யலாம். அதாவது ஓரியன் நெபுலா படம் XI ராஸெட்டி நெபுலா படம் XXXII போன்ற பெரிய மேகங்களினுள்ளேதான் விண்மீன்களின் ஆக்கம் ஏற்படுகின்றன என்ற பாடேவின் கருத்திற்கும் அடர்த்தியான வாயுக்களில் மெதுவாகச் சுருக்கம் ஏற்பட்டு, பின்னர் விரைவாகச் சிதறிவிடுகின்றன என்பதற்கும் ஒரு சமாதானத்தைக் காண முடிகிறது. மேற்சொன்ன வாயுக்கள் அவைகளின் முதல் நிலையில் எப்பொழுதாவது (அரிதாக) மேகங்களின் வெளியே காணப்படும் கருமையான சிறுகோள்களைப் போன்று காட்சி அளிக்கின்றன.

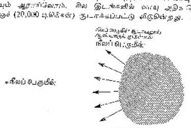
பாடேவின் கருத்துப்படி, விண்மீன்களின் ஆக்கம் என்பது நம்மிடமிருந்து ஒரு மாற்ற முடியாத வகையில் மறைக்கப்பட்ட ஒரு முறையாகும் ஏனென்றால் இது பெரிய மேகங்களின் ஆழமான உட்புறத்தில் ஏற்படுவதனால் அங்குள்ள பொதுவான மேகத்தில் உள்ள (சிறுகோள்களில் மட்டுமன்றி) தூசுகள் இந்த அமைப்பு முறையை நாம் காணமுடியாதபடி செய்துவிடுகின்றன. விண்மீன்களின் ஆக்கத்திற்குப் பிறகுதான், நீலப்பெருமீன்கள் ஏற்பட்டபிறகு, நாம் என்ன நடந்தது என்பதைப் பார்க்கலாம். நீலப்பெருமீன்கள் விண்மீன்களின் ஆக்கத்திற்குப்பிறகு, சூழ்ந்துள்ள வாயுவையும், தூசுகளையும் விரட்டிப் புதிய விண்மீன்களைக் காணும்படியாக மேகங்களில் ஓர் இடைவெளியை ஏற்படுத்துகின்றன. ஆகையினால், நடந்த பிறகுதான் இந்த நிகழ்ச்சியைக் காணலாம். இந்த (விண்மீன் ஆக்கத்திற்கான) நிகழ்ச்சியை நடக்கும்பொழுது காணமுடியாமலிருப்பதால்தான் இது எப்படி ஏற்படுகின்றது என்பதை அறிய முடியவில்லை. நிகழ்ச்சி எல்லாம் முடிந்த பிறகுதான் நமக்கு எதுவும் தெரிகின்றது.

விண்மீன் உருவாக்கத்தை எப்பொழுதும் பார்க்கமுடியாது என்பதற்கு ஒரே ஒரு விலக்கு மட்டும் இருக்கலாம். ஓரியன் நெபுலாவைப் போன்ற பெரிய ஒரு மேகத்தில் வெளிச்சமுடைய விண்மீன்கள் ஏற்பட்டால் இவை அருகாமையிலுள்ள பகுதிகளிலிருந்து தூசுகளை விரட்டிவிடுகின்றன. இதனால் நாம் மேகத்தினுள் பகுதிகளைக் காணமுடிகின்றது. வெளிப்புறத்தில் வாயு முற்றிலும் ஆவியாக்கப்பட்டதினால் விண்மீன் ஆக்கம் முடிவடைகிறது. இத்தநிலை ஓரியன் நெபுலாவில் ஏராளமாக காணப்படும் டி. டாரி (T. Tauri) என்ற விண்மீன்களிடையே காணப்படுகின்றது.

(டி. டாரி என்ற மூல முன்மாதிரியான விண்மீனினால் இவ்வகை விண்மீன்களுக்கு இப்பெயர் ஏற்பட்டது) பார்ப்பதற்கு வளர்ந்து கொண்டிருப்பதாகக் காணப்படும் டி. டாரி விண்மீன்கள் இந்த மேகத்தில் காணப்படுகின்றன. ஆனால், முனைப்பாக நடக்கும் 'விண்மீன் ஆக்கம்' நமக்கு மறைபொருளாகத் தான் இருக்கின்றது. G. பர்ஸை கொத்துப் போன்ற விண்மீன் கூட்டங்களைப் பார்க்க முடிகின்றது. ஏனென்றால், இந்தக் கொத்தில் உள்ள வெளிச்சமான விண்மீன்கள் அவைகளின் அருகாமையிலுள்ள தூசுகளை விரட்டி விடுவதனால் இவைகளைக் காண முடிகின்றது. வானநூல் அறிஞர்கள் கடந்த ஒரு மில்லியன் ஆண்டுகள் வாழ்ந்திருந்தாலும் இந்தக் கொத்தின் தொடக்க நிலையைக் காண இயலாது. ஏனென்றால், இந்த ஆக்கவேலை ஒரு தூசுப் போர்வையினால் மறைக்கப்பட்டிருக்கும்.

வாயு உந்து தண்டுகளும் வாயு இரவைகளும் (Gas pistons and gas bullets)

ஸ்பிட்ஸர் என்பவரும், ஊர்ட் என்பவரும் விண்மீன் வாயு, நீலப் பெருமீன்களினால் சூடாக்கப்படுவதினால் அநேக முக்கியமான நிகழ்ச்சிகள் ஏற்படுகின்றன என்பதைக் காட்டினார்கள். ஒரே ஒரு மேகத்தை மட்டும் அன்றி மொத்த விண்மீன் வாயுவைப் பற்றியும் ஆராய்வோம். சில இடங்களில் வாயு அதிக வெப்ப நிலைக்குச் (20,000 டிகிரிகள்) சூடாக்கப்பட்டு விடுகின்றது. மற்ற



படம் 55. ஒரு வாயு இரவையை ஆக்குதல்

இடங்களில் வாயு ஆவியாக்கப்படாத தூசுகளையும் கூட்டமான கனிமத் துகள்களையும் உடையதாக இருப்பதினால் இவ்விடங்கள் தாழ்ந்த வெப்ப நிலையில் இருக்கின்றன. அதிக வெப்பநிலையுடைய பகுதிகளில் ஏற்படும் அழுத்தங்கள் குளிர்ந்த வாயுவைப் பிரித்து நீங்காத இக்கும்பல்களும் தள்ளுகின்றன. இதற்கான உதாரணங்களைப் படம் I, XXXI, XXXIII இவைகளில் காணலாம். படம் I-ல் குறிப்பிட்டது ஒளிப்படா வண்ணமுள்ள தூசுகளை உடைய மேகம், குதிரைத்தலை (horse's head), என்னும் மேகம் சூழ்ந்துள்ள ஒளிக்கப்பட்ட வாயுவினால் வசக்கப்படுகின்றது. இதே போன்று படம் XXXI-ல் கருமையான நீளச் சந்து ஒன்று காணக்கப்படுகின்றது. படம் XXXIII-ல் வெடித்த பிறகு ஒரு குண்டு பரவுவது போலவே, சுற்றியிருக்கும் குளிர்ந்த வாயுவினுள் சூடான கொள்ளத்தைப் புகை மேகம் பரவுகின்றது.

விண்மீன் மேகத்திலும் இல்லாத போதிலும் வாயுவை மேகத்திலிருந்து ஆவியாக அப்புறப்படுத்தும் தன்மையை ஒரு நீலப் பெருமீன் உடையதாகும். இதனால் நீலப் பெருமீனின் அதிவெப்பம் மேகத்தை ஒரு புறத்தில் மட்டும் தாக்குகிறது. இது படம் 55-ல்

காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த நிலையில் மேகம் ஒரு ராக்கட் (rocket) போன்று தூண்டப்படுகின்றது. துகள்களின் ஒரு புற ஆவியாக்கம் ஒரு ஜெட் (jet) போன்று இருக்கும். வாயு மேலும் மேலும் ஆவியான பிறகு மிகுதியுள்ள மேகத்தின் வேகம் அதிகரிக்கிறது. வாயுவில் 90 சதவீதம் நீங்கிய பிறகு மீதியுள்ள மேகத்தின் வேகம் நொடிக்கு 20 கிலோ மீட்டர்களுக்கு மேலாகும். முதலில் இருந்த பொருளில் 99 சதவீதம் ஆவியான பிறகு மீதியுள்ள பொருளின் வேகம் நொடிக்கு 50 கிலோ மீட்டர்களாக அதிகரிக்கின்றது. இந்த வேகங்கள் மிகவும் அரிதாகும். விண்மீன் வேகங்களின் தற்செயலான வேகங்கள் சராசரியில் நொடிக்கு 8 கிலோ மீட்டர்களாகும். நொடிக்கு 50 கிலோ மீட்டர்கள் அல்லது இதற்கும் மேலான வேகங்களை உடைய மேகங்கள் சில சமயங்களில் காணப்படுகின்றன. இவை சிறிதாக அமைந்திருப்பது குறிப்பிடத் தக்கதாகும். இது இவைகளின் அதிக வேகங்கள் படம் 55-ல் காட்டப்பட்டுள்ள ராக்கெட் முறையினுல் ஏற்படுகின்றன என்பதைக் காட்டுகின்றது. ராக்கெட் முறையினுல் சிறு மேகங்களின் வேகத்தை அதிகரித்தால் அவை வாயு—இரவைகளாகி (gas-bullets) மற்றொரு மேகத்தை அதிக வேகத்தோடு தாக்கலாம்.

விண்மீன் ஆக்கம் ஒரு வட்ட முறையாக (Star-formation as a cyclic process)

விண்மீன் மேகங்கள் நீலப்பெருமீன்களினுல் சூடாக்கப்படுவது விண்மீன்களின் ஆக்கத்தில் ஒரு வட்ட ரீதியாக உள்ள மாற்ற முறையை ஏற்படுத்தக் கூடும். விண்மீன்களின் ஆக்கம் விண்மீன் வாயுமேகங்கள் இருப்பதைப் பொறுத்ததாகும். மேகங்கள் ஒரு பொதுப்படையான வாயு இடைப் பொருளாக மாற்றப்பட்டவுடன் விண்மீன் ஆக்கம் முடிவடைந்து விடும். ஆனுல், நீலப் பெருமீன்கள் முற்றிலும் வளர்ச்சிபெற்று அத்தியாயம் 12-ல் குறிப்பிட்டது போல் ஒரு வேளை வெள்ளைக் குறுமீன்களாக முதிர்வு பெற்ருல் சூடாக்கம் இனி ஏற்படாது. இந்த நிலையில் குளிர்வு ஏற்பட்டு விண்மீன் மேகங்கள் திருந்த ஆரம்பிக்கின்றன. இப்பொழுது ஒரு புதிய நீலப் பெருமீன் உருவாக்கம் ஏற்படுகிறது. விண்மீன் வாயுக்கள் மறுபடியும் சூடாக்கப்பட்ட மொத்த அமைப்பு முறையும் மறுபடியும் நேரிடுகிறது. இந்த மறு அமைப்பு முறை எல்லா இடங்களிலும் ஒரே நிலையில் இருக்கத் தேவையில்லை. விண்மீன் ஆக்கத்திற்கான குளிர்வு முறை சுருள் கிளையில் ஒரு பகுதியில் ஏற்படலாம், மற்றொரு பகுதியில் சூடாக்கம் நேரிடலாம். இந்த மாறுபாட்டினுல் தான் ஆண்ட்ரோமீடா தொகுவிலில் (படம் XXI) 'முத்துக்களின் நூல்வரிசை' ('string

of pearls' என்று சொல்லப்படும் ஒரு விதத்தோற்றம் காணப் படுகிறது எனலாம். சமீபத்தில் விண்மீன்களின் ஆக்கம் நேரிடும் இடங்கள் கிளைகளின் வெளிச்சமான பகுதிகளாகக் காணப் படுகின்றன. நீலப் பெருமீன்கள் இறந்த இடங்களெல்லாம் மங்க லான பகுதிகளாகக் காணப்படுகின்றன.

நீலப் பெருமீன்கள் இறந்த பிறகு நேரிடும் குளிர்வு ஒரு சிக்கல் வாய்ந்த அமைப்பு முறையாக இருக்கலாம். இது தூசுக்களின் மேல் உள்ள வாயு அடுக்குகளின் கூட்டணுக்கள் திருந்தும் ஒரு நிகழ்ச்சியாக மட்டுமே இருந்து விடாது; ஏனென்றால், விரியும் நிலையில் தூசுகளே ஆவியாக வெளியேறலாம் அல்லது சுருள் கிளைகளைவிட்டு முற்றிலும் அப்புறப் படுத்தப்படலாம். அப் பொழுது குளிர்வு நிலை தூசுகளுக்காகத் தாமதிக்கப்படும். இந்தத் தூசுக்கள் குளிர்ச்சியான வளிகளை உடைய பெருமீன்களின் மேற் புறத்திலிருந்து கிடைக்கலாம்.

விண்மீன்களின் ஆக்கத்திற்கு அமைப்பு வட்டத்தில் தூசுகள் இல்லாத ஒரு நிலை இருக்கின்றது என்பதற்கு மெகலனிக் மேகங்கள் (படங்கள் XXII, XXIII) சில ஆதாரங்களைக் கொடுக் கின்றன. இந்தப் பெரிய மேகங்கள் தூசுகளையும், வாயுவையும் மற்றும் மிகவும் வெளிச்சமான நீலப் பெருமீன்களையும் உடையன வாகும். சிறிய மேகம் வாயுவை உடையது. ஆனால் தூசுகள் இல்லாதது. மற்றும் சிறிய மேகத்திலுள்ள சில நீலப் பெரு மீன்கள் பெரிய மேகங்களிலுள்ள நீலப் பெருமீன்களைப் போல் அவ்வளவு வெளிச்ச முடையதாக இல்லை. இதிலிருந்து அமைப்பு வளர்ச்சி முறையில், சிறு மேகத்தில், விண்மீன் ஆக்கத்திற்கான போழ்தில் இருக்கும் தூசுகள் ஆவியாக்கப்படவோ அல்லது முற்றிலும் அப்புறப் படுத்தப்படவோ இருக்கும் என்று தோன்று கிறது. பெரிய மேகங்கள் இதற்கு நேரிடையான ஒரு நிலையில் இருக்கின்றன. அதாவது நிறைய தூசுகளையும், சுருங்கிய வாயு வையும், மற்றும் மிகவும் வெளிச்சமுடைய நீலப் பெருமீன்களையும் உடையனவாக இருக்கின்றன. இன்னும் சில மில்லியன் ஆண்டு களுக்குப் பிறகு இந்த நிலை மாறலாம். அதாவது சிறிய மேகம் குளிர்வடைந்த வாயு, மற்றும் வெளிச்சமான விண்மீன்களை உடையனவாயும், பெரிய மேகம் தூசுகளே இல்லாத நிலையிலும் இருக்கலாம்.

பல கூட்டான விண்மீன்களின் மூலம் (The origin of multiple stars)

பல நூற்றுக்கணக்கான விண்மீன்களைக் கொண்ட தாரைகள் கூட்டான விண்மீன் தொகுதிகளின் ஆக்கத்திற்குச் சிறந்த சூழ்

நிலைகளை அளிக்கின்றன. இந்த நிலைகளில் ஒரு விண்மீன் மற்றொரு விண்மீனோடு சேர்ந்து ஓர் இரட்டைத்தொகுதியை ஏற்படுத்துவது சாத்தியமாகும். இவைகளுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு புவியின் சுற்றுப்பாதை அரைவிட்டத்தைப் போல் 100 மடங்குகளாக இருக்கலாம். விண்மீன் தாரையிலிருந்து பொதுப்படையாகச் சிதறிய பிறகு மேற்சொன்னபடி இணைக்கப்பட்ட இரட்டைத் தொகுதிகள் நிரந்தரமாக ஆகிவிடும். ஆகையினால், விண்மீன்களில் கணிசமான அளவு இரட்டைத் தொகுதிகளைச் சேர்ந்தவை களாக இருக்கவேண்டும். இது நேரிடையாகக் கண்டறியப்பட்ட உண்மைக்கு ஒத்தவாறு இருக்கின்றது--நம்முடைய அண்டத்தில் சுருள் கிளைகளில் உள்ள விண்மீன்களின் எண்ணிக்கையில் அரைப் பாகத்திற்கு மேல் இரட்டைத் தொகுதிகளைச் சேர்ந்தவைகளாக இருக்கலாம் எனத் தெரிகிறது.

அடுத்தபடியாக இரண்டு விண்மீன்கள் அவை முற்றிலும் குளிர்வதற்கு முன்பே ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டு விடலாம் என்பதை ஆராய்வோம், அப்பொழுது குறிப்பிடத்தக்க ஒரு நிகழ்ச்சி ஏற்படுகிறது. இரண்டு உறுப்புகளும் நெருங்கி வருகின்றன. இவ்வாறு நெருங்கும்பொழுது இவைகளின் சுற்றுப்பாதை கிட்டத் தட்ட வட்ட வடிவமாக ஆகிவிடும். உதாரணமாக வாயு தொடர்ச்சியாகக் கூட்டப்பட்டு உறுப்புகளின் பொருண்மையை முதலில் ஞாயிற்றைப் போல் அரை மடங்காக இருந்தது ஞாயிற்றைப் போல் 2·5 மடங்குகளாக அதிகரிப்பதாக வைப்போம் இவ்வாறு ஐந்து மடங்கு அளவில் இருக்கும் அதிகரிப்பு உறுப்பினர் களுக்கு இடையே உள்ளத் தொலைவை முதலில் இருந்ததைவிட ஒரு சதவீத அளவில் குறைத்துவிடும். அதாவது முதலில் இந்தத் தொலைவு புவியின் அரைவிட்டத்தைப் போல் 100 மடங்காக இருந்தால் பொருண்மை அதிகரிப்பால் இப்பொழுது அந்தத் தொலைவு புவியின் அரைவிட்ட அளவில் குறைந்துவிடும். ஆகையி னால் முன்னைவிட இப்பொழுது நெருக்கமாக ஆகிவிடுகின்றன. பொருண்மை அதிகரிப்பு பல தறுவாய்களில் பலவாறு இருக்கலா மாதலால் ஓர் இரட்டைத் தொகுதிக்கும் மற்றொரு இரட்டைத் தொகுதிக்கும் உள்ள இடைவெளித் தொலைவு வெகுவாக மாறு பட்டவைகளாக இருக்கின்றன என்பது தெளிவாகிறது.

இந்தக் கோட்பாட்டிலிருந்து இரண்டு விண்மீன்களுக்கு மேலான உறுப்புகளை உடைய பல கூட்டான விண்மீன் தொகுதிகள் எவ்வாறு ஏற்படுகின்றன என்பதையும் தெளிவாக்க லாம். கேஸ்டர் தொகுதி (system of Caster) என்ற ஜெமினி விண்மீன் மண்டலத்திலுள்ள அமைப்பும், மற்றும் ζ கான்க்ரி

(ζ Cancri) E லைரீ (E Lyrae) என்ற தொகுதிகளும் இதற்குச் சிறந்த உதாரணங்களாகும். காஸ்டர் என்பது மூன்று சோடிகளாக அமைக்கப்பட்ட ஆறு உறுப்புகளை உடையதாகும். ஒவ்வொரு சோடியும் (pair) ஒரு நெருக்கமான இரட்டை அமைப்பாகும். இவைகளில் ஒரு சோடி இரண்டாவது சோடியைச் சுற்றி 300 ஆண்டுகளில் ஒரு முறை இயங்கிவரும். மூன்றாவது சோடி மற்ற இரண்டு சோடிகளையும் சுற்றி 10,000 ஆண்டுகளுக்கு ஒரு முறை இயங்கிவரும். E லைரீ (E Lyrae) தொகுதி இரண்டு இரட்டை அமைப்புகளான நான்கு விண்மீன்களைக் கொண்டவை. இந்த இரட்டை விண்மீன்களின் உறுப்புகள் சமாரான தொலைவில் (நடுத்தரமான) தனிமையாக இருக்கின்றன. இந்த இரட்டைத் தொகுதிகள் ஒன்றை ஒன்று சுற்றிவரப் பல நூறாயிரக்கணக்கான ஆண்டுகளாகும். ζ காங்க்ரி (ζ Cancri) என்ற தொகுதியும் நான்கு விண்மீன்களை உடைய தனிப்பட்ட இரண்டு இரட்டைத் தொகுதிகளாக உள்ளன. இவை ஒன்றை ஒன்று சுற்றிவர ஏறக்குறைய 1,000 ஆண்டுகளாகும். இந்த ζ காங்க்ரியைப் பொறுத்த வரை ஒரு புதுமையான தன்மை யாதெனில், நான்கு விண்மீன்களில் ஒன்று காண முடியாமல் இருப்பதாகும். அப்படியானால் இந்த நான்காவது விண்மீன் இருப்பதை எப்படி நாம் அறியலாம் என வியப்படையலாம். பார்க்கக்கூடிய ஒரு விண்மீன் பார்க்க முடியாத ஒன்றைச் சுற்றி 17·6 ஆண்டுகள் உடைய ஒரு போழ்தில் சுற்றி வருவது ஆராய்ச்சியின்மூலம் தெரிந்தது என்பது ஒரு விடை. இந்த 'ஏதோ ஒரு பொருள்'தான் ஒரு விண்மீனாக இருக்கலாம். நாம் காணமுடியாதபடி மிகத் தொலைவில் மங்கலாக உள்ள ஒரு வெள்ளைக் குறுமீனாக இருக்கலாம்.

மிகவும் சிக்கல் வாய்ந்த இந்த அமைப்புகளின் தோற்றம் (origin) எளிதாக அறியக்கூடிய தொன்றாகும். இவை காணக்கூடிய கொத்துகளின் மீதியாகும். காணக்கூடிய கொத்துகள் ஏனைய கொத்துக்களோடு விண்மீன்களோடும் மோதி, இதனால் சிதைவுறுகின்றன. கடைசிச் சிதைவு நிலையில் ஒரு சில உறுப்புகள் எஞ்சி நிற்கக்கூடும். இந்தச் சில உறுப்புகளே கேஸ்டர் என்ற அமைப்பில் காணப்படும் ஒருவித அமைப்பு வகையாகலாம்.

ζ காங்க்ரியில் காணக்கூடிய வெள்ளைக் குறுமீன், பெரிய நாய் (Large Dog) என்ற விண்மீன் மண்டலத்திலுள்ள மிகவும் பிரகாசமான விண்மீனாகிய சிரியஸ், மற்றும் சிறிய நாய் (Small Dog) என்ற விண்மீன் மண்டலத்தில் மிகவும் பிரகாசமான விண்மீனாகிய புரோசியான் (Procyon) என்ற விண்மீனும் ஆகிய இரண்டு நாய் விண்மீன் (Two dog stars)களைப்பற்றியும் ஒரு புதிய பிரச்சினையை

ஏற்படுத்துகின்றது. சிரியஸும், புரோஸியானும் இரட்டைத் தொகுதிகளாகும். இவைகளின் மூல விண்மீன் (main stars)கள் ஞாயிற்றை விட வெளிச்சமானவை. சிரியஸின் மூல விண்மீன் பொருண்மையில் ஞாயிற்றை விட இரண்டரை மடங்கும், வெளிச்சத்தில் ஞாயிற்றை விட 25 மடங்கும் ஆகும். புரோசியானின் மூல விண்மீன் ஞாயிற்றைப் போல் ஏழு மடங்கு வெளிச்சமுடையதாகும். இவ்விரண்டு தொகுதிகளிலும் கூட்டு விண்மீன்கள் ஒரு வெள்ளைக் குறுமீனாகும். சிரியஸில் இந்த வெள்ளைக் குறுமீன் மூல விண்மீனிலிருந்து புவியின் சுற்றுப்பாதை அரை விட்டத்தைப் போல் 20 மடங்குகள் தொலைவிலும், புரோஸியானில் புவியின் சுற்றுப்பாதை அரை விட்டத்தைப் போன்று 13 மடங்குகள் தொலைவிலும் இருக்கின்றன. ஓர் இரட்டைத் தொகுதியின் ஆக்கத்தின் ஆராய்ச்சியிலிருந்து இரண்டு உறுப்பு விண்மீன்களும் (component stars) கிட்டத்தட்ட ஒரே வயதுடையனவாக இருக்கவேண்டும் என்பது தெளிவாகிறது (இந்த உண்மை அத்தியாயம் 11-ல் கடைசியாகக் கொடுக்கப்பட்ட வாதத்தில் பயன்படுத்தப்பட்டது.) ஆகையினால் இப்பொழுது மூல உறுப்பினர்களாக இருக்கும் விண்மீன்களை விட, வெள்ளைக் குறுமீன்களாக உள்ள விண்மீன்களின் வளர்ச்சி விரைவாக இருந்திருக்கவேண்டும் என்பது தெளிவாகிறது. தொடக்கச் சரித்திர காலத்தில் உறுப்பினர்களின் தொடர்பு ரீதியான முக்கியத்துவம் மாறுபட்டு இருந்திருக்க வேண்டும். அதாவது, வெள்ளைக் குறுமீன்கள் முதலில் பொருண்மையிலும், வெளிச்சத்திலும் அதிகமாக இருந்திருக்கவேண்டும். அதாவது சிரியஸில் உள்ள வெள்ளைக் குறுமீன் மிகவும் அதிகப் பொருண்மை உடையதாக இருந்திருக்க வேண்டும். ஞாயிற்றைவிட 2·5 மடங்கு அதிகப் பொருண்மை உடையதாக இருந்திருக்கலாம். ஆனால், சிரியஸில் வெள்ளைக் குறுமீனின் தற்போதைய பொருண்மை ஞாயிற்றைப் போல் 0·9 மடங்காகும். ஆகையினால் வளர்ச்சி முறை முதலில் அதிகப் பொருண்மையும் வெளிச்சத்தையும் உடைய உறுப்பின் பொருளை நீக்கும் வகையில் இருந்திருக்கவேண்டும். ஒரு சூபர்நோவா வெடிப்புத்தான் இதற்குத் தக்கதாகும். இதேமாதிரி வாதம் புரோசியானுக்கும் பொருந்தும். ஆகையினால் இரண்டு நாய் விண்மீன்களின் வெள்ளைக் குறுமீன்களும் ஒரு காலத்தில் சூபர் நோவாக்களாக இருந்திருக்க வேண்டும், பல நூற்றுக்கணக்கான மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்.

சிரியஸ் அப்பொழுது, அது இப்பொழுதுள்ளது போலவே, ஞாயிற்றுக் குடும்பத்திற்கு அருகாமையில் இருந்திருந்தால் அப்பொழுது சூபர் நோவா, புவியிலிருந்து பார்க்கும் பொழுது ஒரு

முழுமதியைப் போல் காட்சியளித்திருக்கவேண்டும். - இது ஒரு சிறந்த காட்சியாக இருக்கும். ஆனால், துரதிருஷ்டவசமாக மனித இனமே அப்பொழுது இருக்கவில்லை ஆகையினால் மனிதன் இந்தக் காட்சியைக் கண்டு மதிப்பிட முடியவில்லை. ஒருவேளை இவை தொடக்க ஊழிக்காலத்தில் வாழ்ந்த ஒரு வித மாபெரும் விலங்கு வகையால் (dinosaurs) காணப்பட்டிருக்கலாம். ஆனால், இவை எந்த விதத்திலும் சிறப்பாகக் கருதப்பட்டவையாகா.

மறுபடியும் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி (The solar system again)

அத்தியாயம் 6-ல் கொடுக்கப்பட்ட ஆராய்ச்சி ஒரு முக்கிய வகையில் முடிவுற்றதாகக் கருத முடியாது. ஞாயிற்றுக் குடும்பத் தருகே ஒரு வெளிச்சமுடைய நீல விண்மீன் இருந்ததாக வைத்தோம் என்பது நினைவிருக்கலாம். கோள்களுக்கான வட்டத்தில் வெளி விளிம்பில் உள்ள ஹைட்ரஜன் ஞாயிற்று ஈர்ப்புத் திறனினின்றும் நீக்கப்பட்டது என்பதை விளக்க இந்தக் கூற்றை நாம் வைத்துக் கொண்டோம். நெப்டியூன், யூரேனஸ் என்ற இரண்டு கோள்களிலும் ஏன் ஹைட்ரஜன் காணப்படுவதில்லை என்பதை விளக்க இக்கூற்று தேவைப்பட்டது. அத்தியாயம் 6-ல் இந்த நிலை ஒரு செயற்கையானதாகவும், திருப்திகரமாக இல்லாத தாகவும் தோன்றியிருக்கலாம். ஆனால், இப்பொழுது இந்த நிலை சற்று ஏற்றுக் கொள்ளக் கூடியதாக இருக்கின்றது. ஞாயிறு பல நூற்றுக் கணக்கான விண்மீன்களை உடைய ஒரு கொத்திலிருந்து பிறந்திருந்தால் அப்பொழுது நமக்குத் தேவைப் பட்ட வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தை ஆதிசரித்திரகாலத்தில் இருந்திருக்கலாம். இப்படி இல்லாவிட்டால் அது விந்தைக் குரியதாகும். ஆகையினால் பார்ப்பதற்கு தற்காலிகமாகத் தோன்றும் ஒரு நிலை நம் கூற்றிலிருந்து அகற்றப்பட்டு இதனால், எதேச்சையாகத் தோன்றும் ஒரு நிலையாய் நீக்கப்படுகிறது. ஆகையினால், நம்முடைய கோள்களைக் கொண்ட தொகுதி, ஒரு விலக்கான அமைப்பாக இராமல், முற்றிலும் ஏற்றுக் கொள்ளக் கூடிய வகையில் ஒரு சாதாரண விண்மீனின் வளர்ச்சியே என்பது தெளிவாகிறது.

15. அண்டத்தை ஒரு காந்தமாகக் கருதுவது

(The Galaxy as a Magnet)

திமிங்கலங்கள் தண்ணீரில் நீந்தும் பொழுது அதன் வாலை மேலும் கீழும் அசைத்தோ அல்லது பக்கவாட்டத்தில் அசைத்தோ நீந்தும். வான வெளியில் ஒளியானது இரண்டு வகையில் பிரயாணம் செய்யலாம்; ஒன்று மேற் சொன்னபடி வாலை மேலும் கீழும் அசைத்துச் செல்லுவது போலும் மற்றொன்று, பக்கவாட்டில் இயங்குவது போலும். ஆனால், ஒளியில் அசைக்கப்படுவது மின்சார ஊசலாட்டமாகும்— வால் அல்ல. இந்த இரண்டு வகையில் ஒளி பிரயாணம் செய்வதை இரண்டு திசைகளில் ஒளியின் ஒளிக்கதிர் வக்கரிப்பு (Polarisation of light) என கருதலாம். ஒளி இரண்டு திசைகளிலும் ஒரே மாதிரியாக இருந்தால் அது வக்கரிப்பு இல்லாதது எனச் சொல்லாம். ஒரு திசையில் மற்றொரு திசையில் ஒளி அதிகமாக இருந்தால் அப்பொழுது ஒளி அதிகமுள்ள பக்கம் ஒளிக்கதிர் வக்கரிப்பு அந்தத் திசையில் உள்ளது எனச் சொல்லலாம். ஒளியின் செறிவு ஒரு திசையைக் காட்டிலும் மற்றொரு திசையில் அதிகமானால் அப்பொழுது ஒளி 1 சதவீதம் ஒளிக்கதிர் வக்கரிப்பு உள்ளது என்றும் 10 சதவீதம் அதிகமானால் 10 சதவீதம் ஒளிக்கதிர் வக்கரிப்பு உள்ளது என்றும் சொல்லலாம்.

மோட்டார் கார்களின் முகப்பு விளக்குகளில் வக்கரிப்புக் கண்ணாடிகளை (polarised glass) பயன்படுத்துவது நாம் அன்றாட வாழ்க்கையில் ஒளிக்கதிர் வக்கரிப்பு நிலையைக் காண்பதாகும்.

ஒளியின் தோற்றுவாய்கள் (Sources) அநேகமாக வக்கரிப்பு அற்ற ஒளியையே வெளிப்படுத்துகின்றன. உதாரணமாக, மின்சார விளக்கு அல்லது ஞாயிறு இவைகளை எடுத்துக் கொள்ளலாம். ஆனால், ஹால் (Hall) ஹில்ட்னர் (Hiltner) இவர்களால்

தனிப்பட்ட வகையில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபடி சில விண்மீன்களி லிருந்து வரும் ஒளி 10 சதவிதம் வரை ஒளிக்கதிர் வக்கரிப்பு உடைய தாய் இருக்கின்றது. ஹாலும் ஹில்ட்னரும் ஆராய்ந்த விண்மீன் களில் சில வலுவான ஒளிக்கதிர் வக்கரிப்பு உடையனவாயும் சில ஒன்றும் இல்லாமலும் உள்ளன. வலுவான வக்கரிப்பு உடைய விண்மீன்களின் ஒளி ஞாயிற்றுக் குடும்பத்திற்குத் தூசுகள் உள்ள மேகங்களின் மூலம் செல்லுகின்றன என்று தெரிய வருகிறது. வக்கரிப்பு இல்லாத விண்மீன்களின் ஒளி தூசுக்களற்ற மேகங்களின் வழியே ஞாயிற்றுக் குடும்பத்திற்குச் செல்லுகின்றன. இதனால் வலுவான ஒளிக்கதிர் வக்கரிப்பு விண்மீன்களின் மேற்புறத்தி லுள்ள வெளிப்பாட்டு நிலைகளைப் பொறுத்ததல்ல என்றும் இது ஒளி தூசுகளினால் ஆன மேகங்களின் வழியே செல்லுவதைப் பொறுத்திருக்கின்றது என்று தெரிகிறது.

ஒளி வக்கரிப்பு ஏற்படவேண்டுமானால், தூசு துகள்கள் இரண்டு வகை ஒளிகளில் ஒன்றை மட்டும் வலுவாக உட்கொள்ள வேண்டும். புவியின் வளியில் காணப்படும் பெரிய தூசுத் துகள்கள் இதற்குப் பயன்படா. ஆனால், விண்மீன்களின் இடை வெளிகளில் உள்ள சிறிய தூசுகள் இதற்குப் பயன்படலாம். (இவை 1 அங்குலத்தில் 1 நூறுயிரத்தில் ஒரு பங்கு பரிமாணமுடையதாக இருக்கும்.) இந்தச் சிறிய துகள்கள் சீரற்ற உருவத்திலிருந்தால் ஒளியை வக்கரிக்கச் செய்யும். உதாரணமாக ஊசி வடிவத்திலுள்ள ஒரு துகள் மின்சார ஊசலாட்டம் இந்த ஊசியின் திசையிலேயே ஏற்படும் பொழுது ஒளியை வலுவாக உட்கொள்ளும். ஆனால், இந்த ஊசலாட்டங்கள் இதற்குச் செங்கோணத் திசையில் இருக்கும்பொழுது அவ்வளவு வலுவாக ஒளியை உட்கொள்ளாது. இது வரை சரி. நாம் காணும் ஒளி வக்கரிப்பு ஏற்பட ஏராளமான தூசு துகள்கள் இதில் சம்பந்தப்பட்டனவாக இருக்கவேண்டும். இவைகளில் பெரும்பாலும் ஊசி வடிவத்திலிருந்தாலும் ஒரு திசையைக் காட்டிலும் மற்றொரு திசையில் குறிப்பாகக் காணப் படுவது ஏன்? எல். டேவிஸ் (L Davis) ஜெ. எல். கிரீன்ஸ்டைன் (J. L. Greenstein) என்பவர்களால் கொடுக்கப்பட்ட காந்தக் கோட்பாடு இதற்குச் சரியான விடையை அளிக்கின்றது. ஊசிகள் இயக்கும் விசிறிகள் (propeller blades) போன்று சுற்றுகின்றன. ஓர் இயக்கும் விசிறி அதன் அச்சின்மேல் சுழலுவது போல் ஒரு சுழலும் ஊசியை உதாரணமாக வைத்துக்கொள்ளலாம். ஆனால், இந்த ஊசியின் அச்சு கற்பனை அளவிலேயே இருக்கும். டேவிஸ்-கிரீன்ஸ்டைன் கோட்பாட்டின்படி போதிய அளவு வலுவாயுள்ள ஒரு காந்தப்புலன் எல்லா அச்சுகளையும் முறையாக இந்தக் காந்தப் புலனுக்குச் சமதூரமாக (parallel) இருக்கச் செய்கின்றது.

ஆகையினால் அண்டம் போதிய அளவு வலுவான காந்தப்புலன் உடையதானாலும், அச்சுகளின் திசை இந்த வடிவங்கள் காந்தப் புலனின் திசையில் இல்லாமல் செய்துவிடும்.

தொலைவிலுள்ள அதிநுக விண்மீன்களின் ஒளி எக்களிப்பை ஆராய்ந்ததிலிருந்து, இந்தக் கோட்பாடு, அண்டத்தில் காந்தப் புலனின் செறிவு ஞாயிற்றின் துருவங்களில் உள்ள காந்தப் புலனின் செறிவை விட நூறாயிரம் மடங்கு குறைவாக இருந்தால், இது சரியானதே என்று தெரிகிறது. இதனுடன் அண்டத்தின் அண்மையில் காந்தப்புலன் நம்முடைய சுருள்கிளையை நோக்கி இருக்கவேண்டும். கிரீன்ஸ்டைன் டேவிஸ் கோட்பாட்டை ஏற்றுக்கொண்டால் நம்முடைய அண்டத்தில் காந்தப்புலன் இருக்கின்றது என்பதை ஏற்றுக் கொள்ளவேண்டும். இதன் செறிவு மிகவும் மிகக் குறைவாகத் தோன்றினாலும் இது மிகவும் பரந்த கன அளவில் அமைந்திருப்பதை நினைவில் வைக்கவேண்டும். இதற்கு ஏராளமான மின்சாரப் பாய்ச்சல் தேவைப்படும். நம் புவியில் நடக்கும் அனுபவத்தில் காணக்கூடியது ஒரு மின்னல் ஒளியே ஆகும். இது ஒரு சிறிய கால அளவில் 100,000 ஆம்பியர்கள் (amperes) வரை இருக்கலாம். இதற்கு மாறாக விண்மீன்களுக்கான வாயுவில் பாயவேண்டிய மின்சாரப்பாய்ச்சல் 3,000,000,000,000,000,000 ஆம்பியர்களாகும். விண்வெளியின் ஒளி எக்களிப்பிலிருந்து ஊகிக்கக் கூடிய உண்மை மிகவும் பயனுள்ளதாகும் என்பது தெளிவு. இது அதிக முக்கிய விளைவுகளைக் கொடுக்கின்றது என்பதைப் பற்றி இப்பொழுது ஆராய்வோம்.

விண்மீன்களின், ஞாயிறு இவைகளின் காந்தப் புலன்களின் மூலம்
(The origin of the magnetic fields of the Sun and stars)

டேவிஸ் கிரீன்ஸ்டைன் இவர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட விண்மீன்களின் காந்தப் புலன் வலிமையே இன்னொரு விதத்திலும் கண்டறியலாம். இதை ஒரு விண்மீன் சுருங்கும்பொழுது ஏற்படும் விளைவு இதிலிருந்து கண்டறியலாம். காந்தம் கட்டப்பெற்ற வாயுவின் சுருக்கம் காந்தப் புலனை வலுவுடையதாகச் செய்கிறது. ஏனென்றால், சுருங்கும் பொருள் காந்தப் புலனின் விசைக் கோடுகளை அதனுடன் எடுத்துச் செல்லுகின்றது. ஆகையினால் காந்தப் புலன் சுருக்கப்பட்டு அதன் செறிவு அதிகரிக்கிறது. பார்ப்பதற்கு நேராக இருக்கும் கோடுகளை ஆராய்ந்தால் விண்மீன்களை உருவாக்கக் கூடிய போதிய அளவு அதிகமான சுருக்கம் காந்தப் புலனைப் பத்து பில்லியன் மில்லியன்கள் அதிகமாகச் செய்கின்றது. ஆகையினால், முதலில் டேவிஸ் கிரீன்ஸ்டைன் கோட்பாட்டின்படி உள்ள செறிவை உடைய ஒரு காந்தப் புலன் சுருக்கத்திற்குப் பிறகு

ஞாயிற்றின் இரு துருவங்களிலும் உள்ள காந்தப் புலங்களின் செறிவை விட நூறு மில்லியன் மடங்கு அதிகமாகும்.

இவ்வளவு அதிக அளவிட்டை ஞாயிற்றின் மிக உட்புறத்தில் நாம் கணக்கிட்ட அளவு செறிவை உடைய காந்தப் புலன் இருக்கின்றது என்று கூறி விளக்கிவிட முடியாது. இதை நாம் காணவும் முடியாது. ஏனென்றால் வலுவற்ற காந்தச் சக்தியை உடைய ஒரு பொருளினால் இது சூழப்பட்டு இருக்கிறது. மிகவும் அதிக உட்புறக் காந்தப் புலன் ஞாயிற்றின் உட்புறத்தில் ஓர் அழுத்தச் சமநிலையை ஏற்படுத்த உதவும். இவ்வாறான காந்தச் சக்தி அரை வட்ட அமைப்பில் ஞாயிற்றை ஒரு கோள் வடிவத்தில் வைக்க முடியாது, ஞாயிறு கருதத்தக்க அளவு அதன் துருவங்களில் நசுக்கப்பட்டிருக்கும். அதாவது வியாழன் அதன் சுழற்சியினால் தட்டையாக்கப்பட்டிருப்பது போல் (ப்ளேட் VII) ஒரு வேகமான சுழற்சி என்ன விளைவை ஏற்படுத்துமோ அதைத்தான் காந்தப் புலனும் ஏற்படுத்துகிறது. இது காணப்படாததினால் ஞாயிற்றின் உட்புறத்தில் கணக்கிட்டபடி அவ்வளவு வலுவான காந்தப் புலன் இருக்காது என்பது திட்டமாகத் தெரிகின்றது.

ஞாயிறு ஒரு விலக்கான பொருளாகு மென்றும் சொல்ல முடியாது. ஏனென்றால் காந்தச் சக்தியைப் பொறுத்த வரை விண்மீன்களில் பெரும்பாலானவை ஞாயிற்றைப் போலவே உள்ளன. அநேக விலக்கான விண்மீன்கள் அதிக சக்தி வாய்ந்த காந்தப் புலன்களை உடையன என்பது உண்மை. இதைச் சமீப ஆண்டுகளில் நன்றாக ஆராய்ந்திருக்கின்றார்கள். முக்கியமாக H. W. பாப்காக் (H. W. Babcock) என்பவரும் A. டாய்ஷ் (A. Deutsch) என்பவரும் ஆராய்ந்திருக்கின்றார்கள். இதில் பெரும் பாலும் ஞாயிற்றைவிட 50 அல்லது 100 மடங்குகள் வெளிச்சமுடைய முக்கிய வரிசை விண்மீன்களாகும். இவைகளின் மேற்புற வெப்ப நிலைகள் சாதாரணமாக எட்டு முதல் பத்தாயிரம் டிகிரிகளாகும். இந்த விண்மீன்கள் ஞாயிற்றின் துருவங்களில் உள்ள காந்தப் புலன்களை விடப் பத்தாயிரம் மடங்குகள் செறிவுடையனவாகும். சுமாராக நாம் கண்டுபிடித்த மதிப்பைவிடப் பத்தாயிரம் மடங்கு குறைவானதே. கணக்கீட்டோடு ஒத்த வகையிலிருக்கும் தகுந்த ஆதாரத்தோடு உடைய விண்மீன்கள் அரியவைவாகும். H. W. பாப்காக் என்பவர் கண்டுபிடித்த V. V. சிஃபை ஓர் இரட்டைத் தொகுதியின் பெருமீன் உறுப்பின் காந்தப் புலன் மிகவும் அரியதாகும். இந்த இரட்டைத் தொகுதி மிகவும் சிறப்புடையது. இதில் ஓர் உறுப்பு முக்கிய வரிசையில் சுமாராக அதிக உயரத்திலும் (ஞாயிற்றை விட 100 மடங்குகள் வெளிச்சமுடையதாக) மற்றொரு உறுப்பு மிகவும் உப்பியதாகவும்

ஞாயிற்றை விட வெளிச்சத்தில் 10,000 முதல் 100,000 வரை வெளிச்சத்தை உடையதாகவும், ஞாயிற்றைப் போல் 1000 மடங்கு அரை விட்டத்தை உடையதாகவும் இருக்கின்றது. V. V. சிக்னை யில் உள்ள பெருமீன் உறுப்பு ஞாயிற்றோடு ஒன்று சேர்க்கப் பட்டால் இது வியாழன் என்ற கோளையும் ஒரு வேளை சனி என்ற கோளையும் சூழ்ந்து கொள்ளும். இந்தப் பெருமீன் உறுப்புத்தான் வலுவான காந்தப் புலனை உடையதாக இருக்கின்றது. இதைத் தவிர மற்றும் ஒன்று அல்லது இரண்டு இவ்வாறான அமைப்புகளைத் தவிர விண்மீன்களின் ஒளி வக்கரிப்பைப் பற்றி டேவிஸ் க்ரீன்ஸ்டைன் கோட்பாட்டின்படி நேரிடையாகக் கணக்கிட்டு அறியக்கூடிய காந்தப் புலன்களிலிருந்து எந்தவகை ஆதாரமும் கிடைக்கவில்லை. ஞாயிறும் இன்னும் சில விண்மீன்களும் காந்தப் புலன்களை உடையன என்று கண்டு பிடிக்கப்பட்டதிலிருந்து விண்மீன்களுக்குப் பொதுவாகக் காந்தப் புலன் இருக்கின்றது என்பதை உறுதிப்படுத்துவதைத் தவிர, இது ஒரு சதவீதம் அல்லது ஒரு சதவீதத்தில் ஒரு பங்கு வலுவுடையதாக இருந்தால் டேவிஸ் க்ரீன்ஸ்டைன் கோட்பாட்டின்படி நமக்குத் தெரிந்த அளவில் ஒத்ததாக இருக்கும்.

இந்த முரண்பாட்டை இரண்டு வகையில் சமாளிக்கலாம். இருந்தாலும் இவ்விரண்டையும் தகுந்தபடி ஆதாரத்தோடு காட்ட முடியாது. இதில் ஒன்று டேவிஸ்–க்ரீன்ஸ்டைன் இவர்களால் கருதப்பட்ட சேருதல் அமைப்பு (Aligning mechanism) மூன்னைவிட அதிகப் பயனைக் கொடுப்பதாக இருக்கலாம். விண்மீன் தூசு துகள்களின் காந்தத் தன்மைகளைப் பற்றி அதிகமாகத் தெரியாது. சுயேச்சை அமைப்பு (free radical) என்று சொல்லப் படும் ஒரு வகைக் கூட்டணுக்களினால் அமைக்கப்பட்டால் இந் நிலை ஏற்படும். இந்தச் செய்முறை நாம் எதிர்பார்க்காத வகையில் மிகவும் திறன் உடையதாக இருந்தால், இது டேவிஸ்-க்ரீன்ஸ்டைன் என்பவர்களின் ஆராய்ச்சியினால் தெரிவிக்கப்பட்ட காந்தப் புலனை விடச் சிறிய விண்மீன் காந்தப் புலனை வைத்தே செயல்படலாம். இதனால் விண்மீன்களின் உட்புறத்திலுள்ள காந்தப் புலன்களின் மதிப்பீட்டை ஒப்புக்கொள்ளக் கூடிய அளவிற்குக் குறைக்கப்படும்.

இரண்டாவது நிலை யாதெனில் விண்மீன் உருவாகும் பொழுது ஏற்படும் பொருள் திட்பத்தோடு ஏற்படும் காந்தப் புலனின் திட்பம் இதுவரை கருதியதை விடக் குறைந்த திறன் உடையதாக இருக்கலாம். காந்தப் புலனின் திட்பத்தைக் கணக் கிடும்பொழுது சில ஊகங்களை (சிக்கல்களைத் தவிர்ப்பதற்காக)

வைத்துக் கொண்டோம். இவைகளில் ஒன்று இரண்டு பொருத்த மற்றவைகளாக இருக்கலாம். குறிப்பாக, சுருக்கத்தின் கடைசி நிலைகளில் சில சிக்கல்கள் ஏற்படலாம். ஆரும் அத்தியாயத்தில் கோள்களின் ஆரம்பத்தைப் பற்றி விளக்கும் பொழுது இவ்வாறு ஒரு சிக்கல் ஏற்பட்டதைப் பார்த்தோம். என்னைப் பொறுத்த வரையில் நம்முடைய கணக்கீட்டில் இந்த நிலையில்தான் தவறு ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். அதாவது விண்மீன்கள் அவைகளின் உற்பத்திக்கான வாயுக்களின் காந்த சக்தியிலிருந்து மிகவும் நுட்ப மான வகையில் விடுபட்டு இருக்கவேண்டும்.

ஞாயிற்றின் ஒளிக்கோசத்திலும் ஞாயிற்றின் வெளியிலும் ஏற்படும் நூதனமான காந்த விளைவுகள் ஞாயிற்று விண்மீன் வாயுவைக் குடைவதினால் ஏற்படும் காந்த சக்தியை நீக்கிவிடும் ஒரு நிலையாக இருக்கலாம் (அத்தியாயம் 7 ஐப் பார்க்கவும்.) இதில் ஞாயிற்றின் சுழற்சி ஒரு முக்கியப் பங்கு கொள்ளும். இந்தக் காந்த விளைவுகள் ஞாயிற்றின் மிக உட்புறத்திலிருந்து வெளிப்பாடா கின்றவை என்று பொதுவாக கருதப்பட்டு வருகிறது. ஆனால், இந்தக் கருத்துப் போதிய ஆதரவு பெறவில்லை. ஒரு வேளை இந்தக் காந்தப் புலன்கள் உண்மையில் ஞாயிற்றின் வெளிப்புறத்திலேயே தோன்றலாம். ஞாயிற்றுக் கறைகள் மற்றும் இவைகளின் படிப் படியான வளர்ச்சி, தேய்வு முதலியனவற்றின் மூலகாரணங் களுக்கு வெகு நாளாக ஆராயப்பட்டு வரும் காரணம் இதில் கிடைக்கப் பெறலாம்.

அண்டக் கதிர்களும் அவைகளின் மூலமும் (Cosmic rays and their origin)

விண்மீன்களிடையே காந்தப் புலன் இருக்கின்றது என்பதற்கு மேலும் வேண்டிய ஆதாரம் மற்றொரு வகையில் கிடைக்கின்றது ; அதாவது, அண்டக் கதிர்களிலிருந்து. அண்டக்கதிர்கள் என்பது மிகவும் ஆற்றல் வாய்ந்த துகள்கள் ஆகும். இவை பெரும்பாலும் வெளிப்புறத்திலிருந்தே ஞாயிற்றுக் குடும்பத்தினுள் நுழைகின்றன. அண்டக்கதிர்கள் சில சமயங்களில் ஞாயிற்றினால் வெளிப்படுத்தப் படுகின்றன. ஆனால், பெரும்பாலான பகுதி விண்மீன்களின் இடைவெளியிலிருந்து வெளிப்படுகின்றது.

அண்டக்கதிர்களின் பௌதிகத் தன்மை, பல ஆண்டுகளாக ஒரு புதிராகவே இருக்கின்றது. உள் நோக்கிவரும் கதிர்கள் நம் வளியைப் புவியின் மேற்புறம் வரை ஊடுருவிச் செல்லுவதில்லை. இவை புவியின் வளியில் உள்ள அணுக்களின் கருக்களோடு வலுவாக மோதுகின்றன. ப்ருக்ஹேவன் (Brookhavan) மற்றும்

காலிபோர்னியா பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த பார்க்லி (Berkeley) என்ற சோதனைக் கூடத்தில் மேற்சொன்ன வகையில். ஆனால் மிகவும் மெல்லிய தன்மையுடைய மோதலைக் கடந்த சில ஆண்டுகளில் தான் செயற்கை முறையில் உண்டாக்கி யிருக்கிறார்கள்.

இதன் விளைவாக அணுக் கருக்கள் சிதறடிக்கப்பட்டு இதனால் உண்டாகும் சிதை பொருள்களுள் கடல் மட்டம்வரை வளியைத் துளைத்துச் செல்லும் சில துகள்கள் உள்ளன. இவைகளில் பிரசித்தி பெற்றவை மேசான்ஸ் (mesons) என்று சொல்லப்படும் ஒருவகை நிலையற்ற பொருளாகும். இந்த துளைத் துகள்களைக் கொண்டுதான் முற்கால ஆராய்ச்சியாளர்கள் வளியில் அண்டக் கதிர்கள் நுழைவதை அறிந்தனர்.

இதிலிருந்து அண்டக் கதிர்களைக் கண்டறியும் பொழுது ஏற்படும் தவறுகளை விளக்கமாக அறியலாம். முதலில் γ கதிர்கள் என்று சொல்லப்படும் சிறிய நீளத்தை உடைய கதிர்வீச்சுகளே அண்டக் கதிர்களாகும் என்று கருதினர். ஆனால், இது தவறு என்று நிரூபிக்கப்பட்டது. ஏனென்றால் இதன் செறிவு புவியின் எல்லாப் பகுதியிலும் ஒரே மாதிரியாக இல்லை. இது புவியின் காந்தப் புலம் ஒவ்வொரு பகுதியிலும் எப்படி இருக்கின்றது என்பதைப் பொருத்திருக்கின்றது. கதிர் வீச்சுக் காந்தப் புலத்தினால் பாதிக்கப்படாது. ஆகையினால் அண்டக் கதிர்கள் பெரும்பாலும் பொருள் துகள்களாகத்தான் இருக்கவேண்டும் என்பது உடனடியாகத் தெரிகின்றது. இது அடுத்த கருத்து அண்டக் கதிர்கள் மிகவும் அதிக வேகத்தோடு இயங்கும் எலெக்ட்ரான்கள் என்பதாகும். கிட்டத்தட்ட இவைகளின் வேகம் ஒளியின் வேகத்திற்குச் சமமாகும். சிலகாலம் கழித்துப் புவியின் காந்தப் புலத்தின் விளைவு இதற்கு முரணாக இருப்பது தெரிந்தது. துணைத் துகள்களைப் பற்றி மேலும் மேலும் தகவல்கள் கிடைத்ததினால் எலெக்ட்ரான் ஒரு சிறிதளவுதான் இருக்க முடியுமென்று தெரிந்தது. அது உண்மையாகவே இருக்குமாயின், இதற்கடுத்தபடியாக அண்டக் கதிர்கள் முற்றிலும் புரோட்டான்களாக இருக்கலாமென்று கருதப்பட்டது. கடந்த உலகப்போரின் முடிவில் ஆராய்ச்சி இந்த நிலையில்தான் இருந்தது.

1946ஆம் ஆண்டு கேம்பிரிட்ஜ் என்ற இடத்தில் நடத்தப்பட்ட மகாநாட்டில் பௌதிக அறிஞர்கள் அண்டக்கதிர்களில் ஹைட்ரஜன் அணுக் கருக்களைத் தவிர மற்ற அணுக்கருக்களையும் உடையதாக இருக்கலாம் என்ற கருத்தை நிராகரித்

தனர். இது முற்றிலும் நம்பத் தகாததாக இருந்ததினால் ஒளித் தகடுகள் இணைக்கப்பட்ட ஒரு பலூனை உயரே பறக்கவிட்டு இதிலிருந்து கனமான அணுக்களாகிய ஆக்ஸிஜன், இரும்பு, இவைகளின் அணுக் கருக்கள் உள்நோக்கி வரும் துகள்களில் இருக்கின்றனவா என்பதை ஆராயவும் தயங்கினர். ஆகையினால், இன்னும் இரண்டு ஆண்டுகள் கழித்துத்தான் ராசெஸ்டரைச் (Rochester) சேர்ந்த பிராட் (Bradt) என்பவரும் பீடர்ஸ்(Peters) என்பவரும் இதை ஆராய்ந்தனர். ஹைட்ரஜனைத் தவிர மற்றத் தனிமங்களின் அணுக்கருக்களும் இருப்பது உடனடியாகத் தெரிந்தது.

முதலில் புதிதாக நடத்தப்பட்ட ஆராய்ச்சியிலிருந்து அண்டக் கதிர்களில் எல்லா அணுக்களின் அணுக் கருக்களும் ஞாயிற்றைப் போன்ற சாதாரண விண்மீன்களில் உள்ளது போலவே அதே அளவில் இருக்கலாம் என்று கருதப்பட்டது. ஆனால், இன்னும் சமீப காலத்தில் நடத்தப்பட்ட ஆராய்ச்சியிலிருந்து இது சரிதானா என்பது மிகவும் ஐயமாக இருந்தது. உண்மையில் இரும்பைப்போன்ற கனமான அணுக்களின் கருக்களும் நடுத்தரமான எடையை உடைய ஆக்ஸிஜன் போன்ற அணுக்களின் கருக்களும் பத்து மடங்கு அளவில் அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன.

இதிலிருந்து ஒரு சிறப்பான நிலை ஏற்படுகின்றது. அதாவது தோற்றக் காலத்தில் அண்டக் கதிர்கள் முற்றிலும் கனமான அணுக் கருக்களையே உடையனவாக இருந்திருக்க வேண்டும் என்பதாகும். இதற்குக் காரணம் எல்லாப் புரோட்டான்களும், ஹீலியம் அணுக் கருக்களும் மற்றும் இதர இலேசான அணுக்கருக்களும், கனமான அணுக் கருக்கள் மோதும் பொழுது சிதறிய பொருள்களினால் அண்டக் கதிர்களில் காணப்பட்டு இருக்கலாம் என்பதே. அண்டக் கதிர்களில் அணுக் கருக்கள் பரவியிருக்கும் வகையைப் பார்த்தால் சிதைவு ஒரு தகுந்த விளக்கத்தைக் கொடுக்கின்றது என்று சொல்லலாம்.

அண்டக் கதிர்கள் முதலில் கனமான அணுக் கருக்களாக இருந்தன என்பதற்கு ஆதாரமாக அநேக காரணங்கள் உள்ளன. இலேசான அணுக் கருக்கள் சிதைவுப் பொருள்களாக இருந்தால் லிதியம், பெரிலியம் மற்றும் போரான் ஆகிய பொருள்கள் நம் வளியில் நுழையும் அண்டக் கதிர்த் துகள்களில் வலுவான அளவில் காணப்பட வேண்டும் என்று மேற் சொன்ன கருத்துக்கு மாறாகக் கூறப்படுகிறது. ராசெஸ்டரில் உள்ள சோதனையாளர்கள் சில ஆண்டுகளாக இது சரி அல்ல என்று கருதிவந்தனர். ஆனால்,

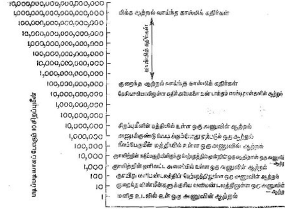
பிரிஸ்டலில் உள்ள சி. எஃப். பவல் (C. F. Powell) என்பவரும் அவருடைய தோழர்களும் இந்த அணுக் கருக்கள் இருப்பதை ஊர்ஜிதப்படுத்தியிருக்கின்றனர். இந்தச் சச்சரவு முற்றிலும் தீர்க்கப்பட முடியாததாயினும் ஆதாரம் பிரிஸ்டல் கருத்திற்கு ஏற்றவாறுதான் இருக்கின்றது. ஆதாரம், கட்டாயப்படுத்துவதாக இல்லாவிட்டாலும் மேற்சொன்ன முடிவிற்கு ஏற்றதாகத்தான் இருக்கின்றது. அதாவது, அண்டக் கதிர் கனமான அணுக் கருவைக் கொண்டதாகும் என்பது.

அண்டக்கதிர்கள் எப்படி முதலில் உற்பத்தியாகின்றன என்பதைப் பற்றித் தெரியாதவரையில் இவைகளை முற்றிலும் அறியமுடியாது. அநேக காலமாக இது ஒரு ஆழ்ந்த மர்மமாகவே இருந்து வந்தது. ஆனால், 1949 ஆம் ஆண்டு ஃபர்மீ என்பவனால் ஒரு திருப்திகரமான கோட்பாடு உருவாகும் வகையில் ஒரு முக்கிய முன்னேற்றம் தெரிவிக்கப்பட்டது. ஃபர்மியின் ஆராய்ச்சியில் அடிப்படைக் கருத்து விண்மீன்களின் இடைவெளிகளில் காந்தப் புலன்கள் உள்ளன என்பதேயாகும்.

ஓர் இயங்கும் மின்சாரத் துகள் காந்தப் புலனின் விளைவாக அதன் பாதையிலிருந்து விலக்கப்படுகிறது. விண்மீன்களின் வாயு மேகங்களில் உள்ள காந்தப் புலன் மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்களைப் பாதையை விட்டு விலகச் செய்கின்றது. இந்த மேகங்கள் அசைவற்றிருந்தால் காந்த 'மோதல்கள்' என்று சொல்லப்படும் விலக்கு முறைகள் துகள்களில் ஆற்றலை மாற்றுது. ஆனால், இந்த மேகங்கள் இயங்கினால் வெவ்வேறு வகையான இயக்கங்களை உடையனவாகித் துகள்கள் காந்த மோதல்களினால் ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. அதாவது துகள்கள் ஒரு முழுமையான மேகங்களின் கூட்டத்தில் திரிவதாயும் இம்மேகங்கள் வெவ்வேறு மேகங்களோடு இயங்கிக் கொண்டிருப்பதாயும் கருதலாம். காந்த விலக்கங்களில் ஏற்படும் ஆற்றல் அதிகரிப்பு மேகங்களின் இயக்கங்களினால் ஏற்படுகின்றன.

எல்லா மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்களும் மேகங்களிலிருந்து ஆற்றலைப் பெற்றபோதிலும் இவைகளில் பெரும்பாலும் இந்த அதிக ஆற்றல் இழப்பு அவைகள் ஒன்றோடு ஒன்று மோதுவதினால் ஏற்படுகின்றது, கதிர் வீச்சினால்—முக்கியமாக இன்ஃப்ரா-ரெட் கதிர்வீச்சினால் ஒரு சிறிதளவு துகள்கள்தான் அதாவது மிகவும் அதிக வேகங்களில் இயங்கும் துகள்கள்தான் காந்த மோதல்களினால் பயனடைகின்றது. இவை இதர துகள்களிலோடு மோதுவதினால் குறைந்த அளவே பாதிக்கப்படுகின்றன.

அடுத்த கருத்தைப் படம் 56-ஐக் கொண்டு நன்கு விளக்கலாம். படம் 56-ல் உள்ள ஒவ்வொரு படி வரிசையும் ஆற்றல் பெருக்கில் பத்து மடங்கு அதிகரிப்பைக் கொடுக்கின்றது. மனித உடம்பில் அணுக்களின் சராசரி இயக்க ஆற்றலை மூல அளவாக வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. குறிப்பாகக் 'குறைந்த' ஆற்றலை உடைய அண்டக் கதிர்கள் என்று சொல்லப்படும் அண்டக் கதிர்கள் கூட இயற்கையில் காணப்படும் துகள்களைவிட அதிக ஆற்றலை



படம் 56.

உடையனவாக இருக்கின்றன. உதாரணமாக, ஞாயிற்றின் மத்தியில் உள்ள பொருள்களைவிடக் குறைந்த ஆற்றல்கள் உடைய அண்டக் கதிர்கள் ஒரு மில்லியன் மடங்குகள் அதிக ஆற்றலை உடையனவாக இருக்கின்றன. இப்பொழுது ஒரு முக்கியமான பிரச்சினையைப் பார்ப்போம். படம் 56-ல் எந்த அளவில் ஒரு விண்மீன் துகள் காந்த மோதல்களினால் அதிக ஆற்றலைப் பெறுகின்றது. அதாவது இதர துகள்களோடு மோதுவதினால் ஏற்படும் ஆற்றல் நஷ்டத்தைவிட அதிக லாபத்தைப் பெறுகின்றது? இதற்கு விடை துகள்களின் இயல்பைப் பொறுத்திருக்கின்றது. புரோட்டான்

களுக்கும் கனமான அணுக் கருக்களுக்கும் வேண்டிய அளவு குறைந்த ஆற்றலை உடைய அண்டக் கதிர்களின் எல்லையில் இருக்கின்றன. எலெக்ட்ரான்களுக்கு இந்த அளவு மேற்சொன்ன படத்தில் இன்னும் உயரே இருக்கின்றது. ஆகையினால் ஃபெர்மியின் கருத்துக்கள் அண்டக் கதிர்களின் தொடக்கத்தைப் பற்றி முழு விளக்கத்தைக் கொடுக்கவில்லை. நமக்குக் கிடைத்தது என்னவென்றால் விண்மீன் நுகள்களில் ஏற்கனவே குறைந்த ஆற்றலை உடைய அண்டக் கதிர்கள் இருந்தால், அப்பொழுது இன்னும் அதிக ஆற்றலை எப்படிப் பெறலாம் என்பதற்கு ஒரு விளக்கம் தான். ஆகையினால், குறைந்த ஆற்றலை உடைய அண்டக் கதிர் களின் பிறப்பிடம் யாது என்பதைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும்.

ஒரு வகையில் குறைந்த ஆற்றலை உடைய அண்டக் கதிர்கள் விண்மீன்களால் விண்மீன்களின் வாயுக்குள் புகுத்தப்படுகின்றன என எண்ணலாம். சில சமயங்களில் ஞாயிறே அண்டக் கதிர்களை தயாரிக்கின்றது என்று பார்த்தோம். ஞாயிற்றால் உண்டாக்கப் படும் கதிர்கள் அண்டக்கதிர் பரவலில் படம் 56-ல் காட்டப் பட்டபடி கீழ்ப்பகுதிகளைச் சேரும். இவை ஞாயிற்றை விட்டு அப்பால் செல்லும்பொழுது ஒரு சிறுபகுதி புவியினால் தடுக்கப் படுகின்றது. (இதனால்தான் இவைகளை நாம் கண்டுபிடிக்க முடிகின்றது). ஆனால், இவைகளுள் பெரும்பாலும் வான வெளியில் பயணம் சென்று அங்கங்கே விண்மீன்களுக்குரிய அண்டக் கதிர்களை அதிகரிக்கின்றன. இதேமாதிரியான முறைகள் இதர விண்மீன்களில் ஏற்பட்டு முக்கியமாக ஞாயிற்றைவிட அதிக சக்திவாய்ந்த காந்தப் புலன்கள் உடைய விண்மீன்களில், ஏற்பட்டு, அண்டக் கதிர்களில் குறைந்த ஆற்றலை உடைய பகுதியை உண்டாக்குகின்றது.

தற்போது உள்ள முக்கியப் பிரச்சினை ஞாயிறும் மற்ற விண்மீன்களும் குறைந்த ஆற்றலை உடைய அண்டக் கதிர்களை எந்த முறையில் தயாரிக்கின்றன என்பதாகும். இந்தப் பிரச்சினையை விவாதிக்கப் பல முயற்சிகள் செய்யப்பட்டபோதி லும் இதுவரை ஒரு திருப்திகரமான கோட்பாடும் கிடைக்கவில்லை. எனக்குத் தோன்றும் வரையில் ஈ.வி. லாரென்ஸ் (E.V. Laurence என்பவரால் கொடுக்கப்பட்ட சைக்லோட்ரான் (Cyclotron) என்று சொல்லப்படும் முறையைப் போலவே இந்த முறையும் இருக்க லாம் என்பதாகும். சைக்லோட்ரான் என்பது சோதனைக் கூடத்தில் அதிக ஆற்றலை உடைய துகள்களை உற்பத்திச் செய்யப் பௌதிகர்களால் பயன்படுத்தப்பட்ட முதல் யந்திரமாகும். இது ஒரு மின்சாரப் புலத்தின் ஊசலாட்டங்களையும் காந்தப் புலனையும்

கனமாகப் பொருத்தி அமைப்பதைப் பொறுத்திருக்கிறது. இதைச் சரியாக அமைத்தால் அன்றித் துகள்கள் அதிக ஆற்றலைப் பெறுவதில்லை. தேவைப்படும் பொருத்தத்தைப் பெறுவதற்கு அநேக கட்டுப்பாடுகள் பூர்த்தி செய்யப்பட வேண்டும். உதாரணமாக, வேகமாக இயங்கும் துகள்கள் எண்ணிக்கையில் அதிகமாக இருக்கக் கூடாது. அப்படி இருந்தால் இயங்கச் செய்யும் முறை தடைப்படும். இதனால்தான் புரோட்டான்களும் எலக்ட்ரான்களும் வேகமாக இயங்குவதில்லை. அதே சமயத்தில் கனமான அணுக் கருக்கள் வேகமாக இயங்குகின்றன. ஒரு விண்மீனின் வளியில் உள்ள புரோட்டான்களும் எலெக்ட்ரான்களும் ஏராளமாக இருப்பதினால் இவைகளை வேகமாக இயங்கச் செய்வது இயக்கும் பொறி அமைப்பு அளவு மீறியதால் சக்தியை இழக்கும் ஒரு நிலையை அடைந்து விடுகின்றது. கனமான அணுக் கருக்கள் குறிப்பாக மிகவும் கனமான அணுக் கருக்கள் எண்ணிக்கையில் மிகவும் குறைவாக இருப்பதினால் இந்தக் கட்டுப்பாட்டிற்குச் சிறந்த வகையில் உட்பட்டதாக இருக்கும்.

காந்தசக்தி உடைய விண்மீன்கள் (The magnetic stars)

காந்த விண்மீன்களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகளி லிருந்து கிடைத்த ஆதாரங்களினால் (அதாவது மேற் கூறப்பட்டபடி ஞாயிற்றைப் போல் 50 அல்லது 100 மடங்குகள் வெளிச்சமுடையவையாயும் 8,000 முதல் 10,000 டிகிரிகள் அளவில் ஞாயிற்றை விட அதிக மேற்புற வெப்பநிலைகளை உடைய) விண்மீன்கள் அணுக் கருக்கள் விண்மீன் வளிகளில் வேகமாக இயக்கப்படுகின்றன. இந்த விண்மீன்களில் முற்றிலும் பொருத்தமற்ற கனமான அணுக்கள் ஏராளமாகக் காணப்படுகின்றன. அரிய மண் பூமிதிகள் என்று வேதியியல் வல்லுநர்களால் கருதப்படும் தனிமங்கள் முக்கியமாக யூரோப்பியம் (Europium) என்ற தனிமம் ஏராளமாகக் காணப்படுகின்றன. மத்தியதர கனத்தையுடைய கூட்டணு வான ஸ்ட்ரான்ஷியம் என்பது முக்கியமானதாகும். இதோடு மாங்கனீஸ், குரோமியம், கால்ஷியம், சிலிகான் இவைகளையும் சேர்த்துக் கொள்ளலாம்.

இந்தத் தனிப்பட்ட வகையில் ஏராளமாகக் காணப்படும் நிலைமையைப்பற்றி G. பர்பிட்ஜ் (G. Burbidge) M. பர்பிட்ஜ் (M. Burbidge) மற்றும் W. A. ஃபௌலர் (W. A. Fowler) என்பவர்களால் கொடுக்கப்பட்ட விளக்கம் சிறந்ததாகும். இவர்களுடைய விளக்கத்தின்படி நியூட்ரான்களுக்கும், புரோட்டான்களுக்கும் இடையே ஏற்படும் ஒரு மாற்றமே விண்மீன் வளிகளில் ஏற்படும் முக்கிய அணு விளைவாகும். ஒரு சுயேச்சையான

புரோட்டான் ஒரு கனமான அணுக் கருவோடு மோதி, அதனுல் கவரப்படுகின்றது. இதனுல் ஒரு சுயேச்சையான நியூட்ரான் வெளிப்படுகிறது. இதற்குப் பிறகு ஒரு β முறைப்படி அணுக் கரு அதன் முதல் நிலையை அடைகின்றது. இம்மாதிரியான விளைவுகளை உண்டாக்க விரைவுபடுத்தப்படும். புரோட்டன்களோ, அல்லது விரைவுபடுத்தப்படும் கனமுடைய அணுக் கருவோ தேவைப்படும் மேற்சொன்ன வாதத்தின்படி கனமுடைய அணுக் கருக்களின் மின்-காந்த விரைவை இவ்வகையில் பொருத்தமாக எடுத்துக் கொள்ளலாம்,

இவ்வாறு உற்பத்தி செய்யப்பட்ட நியூட்ரான்கள் அதிக நேரம் சுயேச்சையாக இருப்பதில்லை. இவை வழியில் உள்ள மற்ற அணுக் கருக்களோடு சேர்ந்து விடுகின்றன. இவை புரோட்டான் களோடு சேர்ந்து, ஒரு புரோட்டானும் ஒரு நியூட்ரானும் உடைய அணுக் கருக்களாக ஆகிவிடும் அதாவது, ஹைட்ரஜனின் H^2 ஐசடோப் என்று சொல்லப்படும் டியூட்டிரியம் **(deuterium)** என்ற அணுக் கருக்களாக ஆகிவிடும். பேரண்டத்திலுள்ள டியூட்டிரியம் இவ்வாறுதான் உற்பத்தியாகி யிருக்கவேண்டும். நியூட்ரான்களும் நைட்ரஜனுடன் சேர்ந்து அத்தியாயம் 4-ல் கொடுக்கப்பட்ட C^{14} என்ற நிலையற்ற பொருளை உற்பத்தி செய்கின்றன. நியூட்ரான்கள் இதர அணுக்களோடு சேர்ந்தால் புதிய விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன. ஆக்சிஜன் 1 நியூட்ரானைமட்டும் உட்கவர்கின்றது. இது இரண்டு நியூட்ரான்களை உட்கவர்ந்தால் ஒரு He^4 அணுக் கருவை வெளிப்படுத்தி மறுபடியும் நைட்ரஜனாக மாறி விடுகின்றது. நியானும் மெக்னீஷியமும் சிலிகானாக மாறிவிடுகின்றன. இதற்குமேல் ஒரு விளைவும் ஏற்படுவதில்லை. கந்தகமும் ஆர்கானும **(orgon)** கால்ஷியமாக மாறிவிடுகின்றன. இதற்குமேல் ஒன்றும் ஏற்படுவதில்லை. நியூட்ரான்கள் Fe^{54} என்ற ஐசடோப்புடன் (26 புரோட்டான்களும் 28 நியூட்ரான் களும் கொண்ட) சேர்க்கப்பட்டால் அதிகப்படியாக மாங்கனீஸ் **(manganese)** மற்றும் குரோமியம் **(chromium)** இவைகளை உற்பத்தி செய்கின்றன. இதைவிட இன்னும் கனமான அணுக் கருக்களோடு நியூட்ரான்கள் சேர்க்கப்பட்டால் ஸ்ட்ரான்ஷியம் **(strontium)** அரிய மண்புழுதி மற்றும் ஈயம் **(lead)** இவைகள் அதிகப்படியாக உற்பத்தி ஆகின்றன. இங்கொரு முக்கியமான கருத்தைக் குறிப்பிடலாம். இந்த நியூட்ரான்கள் மின்காந்த விரைவினுல் வெளிப்படுத்தப்பட்டுத் தத்துநாகத்தை விட அதிக கனமான அணுக் கருக்களை உற்பத்தி செய்யப் பயன்படுவதாக இருக்கலாம். இம்மாதிரியான அணுக் கருக்களின் உற்பத்தியைப் பற்றி அத்தியாயம் 12-ல் சுருக்கமாகக் குறிப்பிட்டோம்,

பேரண்டத்தில் இவை மிகவும் குறைந்த அளவில் காணப்படுகின்றன என்பதைப் பார்த்தோம். ஆகையினால், இவைகளின் ஆக்கமுறை ஓர் எல்லை அளவில்தான் இருக்க முடியும். இதனால் இங்கு 244ஆம் பக்கத்தில் குறிப்பிடப்பட்ட எல்லை முறையோடு சேர்க்கக்கூடிய மற்றொரு முறை நமக்குக் கிடைக்கின்றது.

மேலே விவரிக்கப்பட்ட புரோட்டான் நியூட்ரான் மாற்ற முறை புரோட்டான்களும் கனமான அணுக் கருக்களும் மிகவும் வலுவாக மோதாமல் இருப்பதைப் பொறுத்திருக்கின்றது. மிக அதிக வலுவாக இது இருந்தால், கனமான அணுக் கருக்கள் சுயேச்சையான நியூட்ரான்களை வெளிப்படுத்துவதற்குப் பதில் சிதைவுற்று, இதனால் அநேக துண்டுகளை வெளிப்படுத்தும். இம்மாதிரியான விளைவுகள் சோதனைக் கூடத்தில் ஆராயப்பட்டிருக்கின்றன. இதனால் இலேசான தனிமங்களான லிதியம் பெரிலியம், போரான் ஆகிய இவைகளின் அணுக் கருக்கள் கிடைக்கின்றன. ஒருவேளை பேரண்டத்தில் குறிப்பான இவ்வகை இலேசான கூட்டணுக்கள் இவ்வாறு உற்பத்தி ஆகலாம் என்று தோன்றுகிறது.

இந்த விண்மீன்களின் புதுமை வாய்ந்த தன்மைகள், இவைகளின் மாறுபடும் தன்மைகளால் அதிகரிக்கப்படுகின்றன. சிலவற்றில் காந்தப் புலன்கள் காலத்திற்கு ஏற்றபடி மாறுகிறது. H. W. பாப்காக் (H. W. Bobcock) என்பவர் இதற்கு இரண்டு விளக்கங்களைக் கொடுத்திருக்கிறார். இதில் ஒன்று ஒரு விண்மீனின் மொத்தக் காந்தப் புலனின் உண்மையான ஊசலாட்டத்தைச் சார்ந்து இருக்கும். அதாவது ஒரு விண்மீனின் பொறி வகை ஊசலாட்டத்தினால் ஏற்படும் நிலையைப் பொறுத்ததாகும். இரண்டாவது விளக்கம் இதைவிட மிகவும் எளிதாகும். ஒரு சாதாரண காந்தத்தைத் திருப்பினால் அதன் காந்தப் புலன் மாறும்; அதாவது இந்த இரண்டாவது கருத்தின்படி விண்மீன்களின் சுழற்சி முறை மாறுபாடு (Cyclic variations) இவ்வகையில்தான் ஏற்படுகின்றது என்பதாகும். இங்கு சுழலும் விண்மீன் தான் திருப்பப்படும் காந்தமாக அமைகிறது.

இந்த இரண்டு கருத்துக்களில் இரண்டாவதாகக் கொடுக்கப்பட்டதே சரியானதாகும் என்பது ஆர்மின் டாய்ஷ் (Armin Deutsch) என்பவரின் ஆராய்ச்சியினால் தெரிகின்றது. இதை நேரிடையாகக் காண்பிக்க வேண்டுமானால், விண்மீன்களின் சுழற்சிப் போழ்தைக் கண்டுபிடித்து இதை அவைகளின் காந்தப் புலன்களின் மாறுபாட்டிற்கு வேண்டிய காலங்களோடு ஒப்பிட்டுப்

பார்க்கவேண்டும். இதைத்தான் டாய்ஸ் என்பவர் செய்திருக்கிறார் இவர் விண்மீன்களின் சுழற்சிப் போழ்தும், காந்தப் போழ்தும் அநேக தருவாய்களில் ஒன்றாக இருப்பதைக் காண்பித்திருக்கிறார். ஒன்றிரண்டு விண்மீன்கள் மாறுபட்ட தன்மைகள் உடையன வாயினும், இவைகளில் பெரும்பாலானவை கவனத்தைக் கவரும் வகையில் ஒற்றுமையைக் காண்பிக்கின்றன.

கதிரியக்க வானியல் (Radio—astronomy)

நம்முடைய வளி புவிக்கு ஒரு பாதுகாப்புத் 'தோலாக' அமைகின்றது. நமக்குச் சுவாசிக்கத் தேவைப்படும் காற்றை, நமக்கு அளிப்பதோடு, இவ்வளி நம்மை அபாயகரமான கதிர்வீச்சிகளிலிருந்து — முக்கியமாக γ-கதிர்கள் X-கதிர்கள் மற்றும் அல்ட்ரா வயலட் ஒளி—இவைகளினின்றும் நம்மைக் காக்கிறது. ஆனால், வாழ்க்கையில் எதுவும் நிறைவானதாகாது. ஏனென்றால், இப்போர்வை வானநூல் அறிஞர்களுக்கு ஒரு தொல்லையாக இருக்கின்றது. ஏனென்றால், பேரண்டத்தை இவர்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீள எல்லைக்குள் ஆராய ஏதுவாகிறது. உண்மையில் இரண்டே அலைநீள வகைகள்தான் வளியைச் சாதாரணமாக ஊடுருவிச் செல்லக் கூடியனவாக இருக்கின்றன. ஒன்று, பார்க்கக் கூடிய ஒளியான இன்ஃப்ராரெட் ஒளியின் அருகே உள்ள எல்லையை உடையதாகும். மற்றொன்று, ரேடியோ பான்ட் (Radio Band) என்று சொல்லப்படும் கதிரியக்கப்பட்டையாகும் சமீபகால வரையில் வானவியல் காட்சி ஆராய்ச்சியில்தான்— காணக்கூடிய ஒளி சம்பந்தமான ஆராய்ச்சியில்தான் ஈடுபட்டிருந்தது. ஆனால் கதிரியக்க வானவியலின் நோக்கம் நம் பேரண்டத்தின் ஆராய்ச்சியைக் கதிரியக்க பட்டைகள் மூலமும் நடத்துவதேயாகும். ஏற்கெனவே பத்தாண்டுக் காலத்திற்குள் எதிர்பார்க்காத அநேக தகவல்கள் கிடைக்கின்றன. ஆகையினால், மொத்த அலைநீளங்களின் எல்லைக்குள் (அத்தியாயம் 3-ல் குறிப்பிட்டிருப்பது போல்) ஆராய்ச்சியை நடத்தினால் இன்னும் என்ன கிடைக்கும் என்பதை ஆச்சரியத்தோடு எதிர்பார்க்கலாம். நம்முடைய தற்கால நிலைகளில் உள்ள குறைபாடுகளைத் தவிர்க்க வளியின் மேற்புறத்திலிருந்து ஆராய்ச்சிகளை நடத்தவேண்டும் என்று அநேக வானநூல் அறிஞர்கள் கருதுகின்றனர். ஆனால், கதிரியக்கத்தினால் கட்டுப்படுத்தப்படும் ஒரு தொலைநோக்கியைப் புவியைச் சுற்றிவரும் ஒரு செயற்கைத் துணைக்கோளில் வைத்துப் புவியை ஒரு முறைசுற்றிவர ஒன்றரை மணிநேரம் எடுத்துக்கொள்ளும் ஒரு துணைக்கோளில் வைத்து) ஆராய்ச்சிகள் நடத்துவது தற்காலத் தொழில் நுட்ப திறமைகளுக்குச் சாதகமாக இருக்கும். எதிர்கால முன்னேற்றங்களில் வானவெளியில் மிகஉயரேயோ, அல்லது இதைவிட்டு வெளி

யேயோ இருக்கும் கருவிகளைக் கொண்டு ஆராய்ச்சி நடத்தலாம் என்று முன் கூட்டிச் சொல்வது பொருத்தமாகும்.

கதிரியக்க வானவியலைப்பற்றி இங்கு விளக்குவது எளிதாகும். ஏனென்றால் இந்த அத்தியாயத்தின் முன்பகுதி வானவியலுக்கு முக்கியமானதாகும். குளிர்ந்த ஹைட்ரஜன் மேகங்கள் ரேடியோ அலைகளை வெளியிடுவதைப்பற்றி ஏற்கெனவே அத்தியாயம் 13-ல் குறிப்பிட்டிருக்கிறோம். ஆகையினால், இந்தப் பொருளின் இதர தன்மைகளைப் பற்றி இப்பொழுது ஆராய்வோம். ரேடியோ அலைகள் கிடைக்கக்கூடிய பல மூலப் பொருள்களைப் பற்றிய முழுப் பட்டியலைக் கொடுப்பது பயனுடையதாகும்.

(i) ஞாயிறு

(ii) பால்மண்டலத்தில் பரவிக்கிடக்கும் வெப்பமான ஹைட்ரஜன் மேகங்கள்.

(iii) பால்மண்டலத்தின் தளமட்டத்திற்கு வெளியேயும் அண்டத்திற்குள்ளும் இருக்கும் ஒரு வெளிப்பாடு.

(iv) அண்டத்திலுள் அங்கு மிங்குமாக உள்ள தனிப்பட்ட திறனுடைய மூலஅமைப்புகள்.

(v) அண்டத்திற்கு வெளியே உள்ள தனிப்பட்ட மூல அமைப்புகள்

(vi) அண்டத்தின் நடுப்பகுதிகளில் உள்ள ஒரு வெளிப்பாடு

குளிர்ந்த ஹைட்ரஜனால் வெளிப்படுத்தப்படும் கதிரியக்க அலைகளுக்கும் மேற்சொன்ன வகையில் வெளிப்பாடாகும் கதிரியக்க அலைகளின் மூலப்பொருள்களுக்கும் ஒரு முக்கிய மாறுபாடு இருக்கின்றது. குளிர்ந்த ஹைட்ரஜனில் வெளிப்படுத்தப்படும் கதிரியக்க அலை ஒரு குறிப்பிட்ட நீளமான 21 செண்டிமீட்டர் அளவில் இருக்கிறது என்பதை நினைவில் வைத்துக் கொள்ளவேண்டும். ஆனால், இதர நிலைகளில் பல்வகைக் கதிரியக்க அலைநீளங்களிலும் வெளிப்பாடாகின்றது. பியானோவில் தனி ஒரு சுருதிக்கட்டையை அழுத்தும் போது வரும் ஓசைக்கும் எல்லாச் சுருதிக் கட்டைகளையும் ஒன்றாக ஒரே சமயத்தில் அழுத்தும் பொழுது கிடைக்கும் ஓசைக்கும் உள்ள வித்தியாசத்தை இதற்கு ஒப்புமையாகக் காட்டலாம்.

இந்த அத்தியாயத்தில் (ii) (iii) (iv) (vi) ஆகிய எண்களில் குறித்துள்ளவை பற்றி ஆராய்வோம். (v)ஐப் பற்றிப் பிறகு ஆராய்வோம். (i) வகையைப் பற்றி முன்னொரு அத்தியாயத்தில் ஆராயப்பட்டது.

அலைநீளத்திற்கு ஏற்ற செறிவின் பரவல் (iii), (iv), (vi) இவைகளில் உள்ளதை விட (ii)-ல் வேறு வகையில் இருக்கும். இந்தவித்தியாசத்தைப் படம் 57-ல் காணலாம். இந்த வித்தியாசம் ஏற்படுவதற்குக் காரணம் வெளிப்பாட்டின் வேறுவகை மூலப் பொருளின் காரணமாக இருக்கலாம். இந்த மூலவகைகள் என்ன என்பதைக் கண்டு பிடிப்பதே நம்முடைய முக்கிய நோக்க மாகும். இதை (ii), வகையில் கண்டு பிடிப்பது (iii); (iv), அல்லது (vi) இவைகளில் கண்டு பிடிப்பதை விட எளிது. முதலில் (ii) வகையில் கண்டு பிடிப்போம். இது மிகவும் குறைந்த முக்கியத்துவம் உடையதாக இருந்தாலும் எளிதாக இருப்பதினால் இதை எடுத்துக் கொள்வோம்.

கதிரியக்க வெளிப்பாடு (Radio emission)

முக்கிய வரிசையில் மேலிருக்கும் விண்மீன்களால் வெளியிடப் படும் ஒளியில் பெரும்பகுதி சுற்றியுள்ள விண்மீன் வாயுவினால் உட் கவரப்பட்டுவிடும். இந்த உட்கவர்ச்சி இந்த வாயுவின் ஆக்கத் திற்கு முற்றிலும் அடிப்படையான ஹைட்ரஜன் அணுக்களில் உள்ள எலெக்ட்ரானுக்கும், புரோட்டானுக்கும் உள்ள தொடர்பை முறித்து விடுகிறது. இது ஒளியின் விளைவாகும் (photo electric effect). அயனிப்படுத்தப்பட்ட பிறகு புரோட் டான்களும், எலெக்ட்ரான்களும் சுயேச்சையாகத் திரியமுடிகிறது. இவ்வாறு திரியும் பொழுது இத்துகள்கள் ஒன்றொடொன்று அடிக்கடி மோதும்—அதாவது இவை கிட்டத்தட்ட அருகே வர நேரிடும். இவ்வாறு நேரிடும் பொழுது சில சமயங்களில் அவை மறுபடியும் ஒன்று சேர்ந்துவிடும். அப்பொழுது காணக்கூடிய ஒளிவெளிப்பாடாகும். இம்மாதிரி மறுபடியும் கூடும் பொழுது தான் அதிக வெப்பநிலையுடைய ஹைட்ரஜன் மேகங்களை நாம் காணலாம். ஆனால், அநேகமாக மோதும் எலெக்ட்ரான்களும், புரோட்டான்களும் மறுபடியும் கூடுவதில்லை. அப்பொழுது ஏற்படும் கதிரியக்கம் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளத்தை உடையதாக இருக்காது. அல்ட்ரா வயலட் ஒளி, நீலம், பச்சை, மற்றும் காணக்கூடிய சிவப்பு ஒளி மற்றும் இன்ஃப்ராரெட், கதிர் அலைகள் இவை வெளிப்படுகின்றன. இவ்வாறு கதிர் அலைகள் (Radio waves) வெளிப்படுவதை முதலில் ஹென்யே (Henyey) என்பவரும் கீனன் (Keenan) என்பவரும் குறிப்பிட்டனர்.

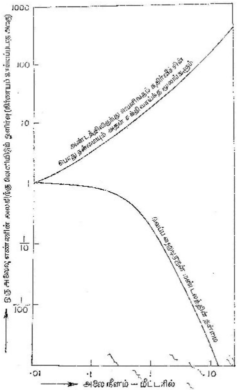
சென்ற ஆண்டோ என்னவோ அண்டத்தின் வெப்பமான ஹைட்ரஜன்பகுதிகளின் கதிர்வெளிப்பாடு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ரைல்(Ryle) என்பவரும் ஷீர் (Scheuer) என்பவரும் பால்மண்டல தளத்தின் பொதுப்படையான ஒரு வெளிப்பாட்டைக் கண்டு

பிடித்தனர். அவர்களின் ஆராய்ச்சியில் தனி மேகங்களைக் காணச் சாத்தியப்படாது. வெப்பமான ஹைட்ரஜன் பகுதிகளின் அடர்த்தியைச் சராசரி ரீதியாக ஒன்று சேர்த்துக் காண்பதே சாத்தியமாகும். இன்னும் சமீபத்தில் வாஷிங்டன் நகரின் கடற்படை ஆராய்ச்சி நிலையத்தைச் சேர்ந்த ஹேடாக் (Haddock) மேயர் (Mayer) மற்றும் ஸ்லோனேகர் (Sloanaker) என்பவர்கள் 9·4 செ. மீ. அலைநீளத்தைப் பயன்படுத்தி இந்த மேகங்களைத் தனிப்பட்ட வகையில் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட இரண்டு மேகங்களில் ஒன்று படம் XI-ல் காட்டப்பட்டுள்ள ஓரியன் நெபுலாவாகும்; மற்றொன்று படம் XXXIII-ல் காட்டப்பட்டுள்ள ட்ரிபிட் (Trifid) நெபுலாவாகும்.

இப்பொழுது நாம் முற்றிலும் மாறுபட்ட வகையில் உள்ள வெளிப்பாட்டைக் கவனிப்போம். அதாவது, மேலே கொடுக்கப்பட்ட வகையில் (iii), (iv), வகையைச் சேர்ந்தது. இதை நன்றாக ஆராய முதலில் (iv) வகையை எடுத்துக்கொள்வோம். அண்டத்தில் முக்கியமானதாக உள்ள தனிப்பட்ட மூலப் பொருள் நண்டு நெபுலா (படம் XXXVIII) வாகும். இந்த நண்டு இடபராசி (constellation of Taurus) யைச் சேர்ந்ததாகும். இந்த நண்டுதான் ஞாயிற்றைச் சுற்றித் தொலைவாக உள்ள ஒளி வட்டத்தை ஆராய உதவும் பொருளாக இருக்கின்றது. (அத்தியாயம் 7).

தனிப்பட்ட மூலப் பொருள்கள் வெப்பமான ஹைட்ரஜன் மேகங்களைவிட மிகவும் சக்தி வாய்ந்த வெளிப்பாட்டுப் பொருள்களாகும். கிரீன்ஸ்டைன் (Greenstein) மின்கௌஸ்கி (Minkowski) என்பவர்கள் நண்டு நெபுலாவின் வெளிப்பாடு, இதுவும் எலெக்ட்ரான் புரோட்டான்களின் மோதல்களிலும் ஏற்படும் வெளிப்பாட்டை விட, 100 மடங்குகள் அதிகமானது என்று கண்டறிந்தனர். தனிப்பட்ட கதிர் வெளிப்பாட்டு மூலப் பொருள்களுள் நண்டு நெபுலாவை எந்த வகையிலும் சிறந்ததெனக் கூற முடியாது. காஸியோபியா (constellation of Cassiopeia) என்ற விண்மீன் மண்டலத்திலுள்ள மிகவும் சக்திவாய்ந்த ஒரு மூலப் பொருள், ஒரு வெப்பம் வாய்ந்த ஹைட்ரஜன் பகுதியிலிருந்து, வெளிப்படும் கதிர் அலைகளைவிடக் கிட்டத்தட்ட 100 மில்லியன் மடங்குகள் அதிக அளவில் வெளிப்பாட்டை உடையதாகும்.

இந்த மூலப் பொருளின் ஒளி படம் XXXV-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது அதிக சிறிய இழைகளாகக் காணப்படுகின்றது. பாடே (Baade) என்பவரும் மின்கௌஸ்கி என்பவரும் இந்த



படம் 57.

இழைகள் மிகவும் வியக்கத் தக்க முறையில், இயங்குகின்றன என்று காண்பித்திருக்கின்றனர். மிகவும் கூர்மையாக அமைக்கப்பட்ட இத்தகைய பொருள்கள் ஒரு நொடிக்கு 200 கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தில் நம்மை நோக்கி வருகின்றன. இதைவிட மங்கலாக உள்ள இழைகள் இன்னும் அதிக நேர் வேகங்கள் உடையவையாக இருக்கின்றன. இவை சில சமயம் நம்மை நோக்கியும், சில சமயங்களில் நம்மை விட்டு அப்பாலும் இயங்குகின்றன. இவை நம்மை நோக்கி வரும் அதிகப்பட்ச வேகத்திற்கும் நம்மை விட்டு அகலும் பொழுது உள்ள அதிக பட்ச வேகத்திற்கும் இடையே உள்ள வித்தியாசம் நொடிக்கு 4000 கிலோ மீட்டர்கள் என்ற மிக அதிக அளவில் இருக்கின்றது. ஒரே இழையில் கூட நேர் வேகத்தில் நொடிக்குப் பல ஆயிர கிலோ மீட்டர்கள் அளவில் வித்தியாசம் காணப்படுகின்றது.

இம்மாதிரி நூதனமான பொருளின் மூலத்தைப் பற்றி முற்றிலும் ஏற்றுக்கொள்ளக் கூடிய கருத்து எதுவும் கொடுக்கப்படவில்லை. நூதனமான இப்பொருளின் மூலத்தை அறியத் தேவைப்படும் குறிப்பு ஒரு வேகா ரேடியோக் கதிர் தகவல்களிலிருந்து கிடைக்கலாம். வெளிப்படும் பார்க்கக்கூடிய இழைகளிலிருந்து மட்டுமன்றி இவ்விழைகள் ஒரு பகுதியாக மட்டுமே இருக்கும் மற்றொரு பகுதியிலிருந்தும் கிடைக்கின்றது என்பதை ரேடியோக் கதிர் பற்றிய விவரங்கள் காட்டுகின்றன. இந்த நிகழ்ச்சியைப் பற்றிய சரியான விளக்கம் எனக்கு பாடே என்பவரால் கொடுக்கப்பட்டது. இந்த விளக்கத்திற்கு ஆதாரம் சூபர்நோவாவின் வெடிப்பிலிருந்து ஏராளமான பொருள்கள் நொடிக்கு அநேக ஆயிர கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தில் இயங்குவதற்கு ஏதுவாயிருக்கும் என்பதும். இதன் கருத்து யாதெனில் சூபர்நோவாவில் உள்ள பொருள் வாயுவும் தூசும் கொண்ட ஒரு வெறுமையான மேகத்தோடு மோதி அச்சமயம் சூபர்நோவாவின் பொருள்கள் கடுமையான வேகத்தில் விளிம்புகளிலிருந்து வழியும் இடங்களைத் தவிர மேகத்தின் தொலைவிலுள்ள பகுதிகளில் இருக்கும். (நாம் இப்பொருளைக் காணமுடியாதிருப்பதற்குக் காரணம் தூசியின் மறைக்கும் தன்மையினால் ஆகும்.)

படம் XXXV-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள இழைகளின் இயக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதில் காந்தப் புலன்களுக்கு முக்கியப் பங்கு உண்டு என்று எதிர்பார்க்கலாம். பொதுவாக விண்மீன்களின் காந்தப் புலத்தின் வலுவைப் பற்றிய டேவிஸ்-க்ரீன்ஸ்டைன் மதிப்பீட்டை நாம் ஏற்றுக் கொண்டால், இரண்டு வாயு மேகங்கள் பக்கத்தே மோதும் பொழுது இன்னும் வலுவான காந்தப்

புலன்கள் ஏற்படலாம் என்பதையும் நாம் ஏற்றுக்கொள்ள வேண்டும். ஏனென்றால், மோதும் பகுதியில் ஏராளமான அழுத்தம் ஏற்படும். இந்நிகழ்வில் ஏற்படும் செறிவு நூமிற்றின் நருவலிகளில் உள்ள காந்தப் புலனின் ஆயிரத்தில் ஒரு பகுதியாகும். இவ்வாறான காந்தப் புலனின் காரணமாகவும் வலுவான கதிர் மூலங்களில் காணப்படும் மிக அதிக நேர் வேகங்களிலும் கதிர்களின் வெளிப்பாட்டைப் பற்றி விளக்கம் தரும் என்று தோன்றுகிறது. நாம் இனி கொடுக்கப்போகும் கருத்து விளக்கம் 1950 ஆம் ஆண்டு H. ஆல்ஃவென் (H. Alfven) மற்றும் N. F. ஹெர் லாஃப்ஸன் (N. F. Herlofson) என்பவர்களால் கொடுக்கப்பட்டபடி இருக்கும்.

மிகவும் அதிகமான நேர் வேகங்கள் இதற்கு முக்கியமானவையாகும். இவை எலெக்ட்ரான்களைக் காந்த மோதல்களிலும் விரைவுபடுத்த உதவுகின்றன. இம்முறை அதிக ஆற்றலை உடைய அண்டக் கதிர்களை உற்பத்தி செய்ய ஃபெர்மி என்பவரால் கொடுக்கப்பட்ட முறையைப் போன்றதாகும்.

இவ்வாறு விரைவுபடுத்தப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு காந்தப் புலனில் இயங்குகின்றன. இதன் வெளிப்பாட்டு விவரங்களைப் பற்றி அதிக வேகங்களையுடைய எலெக்ட்ரான்களைச் சோதனைக் கூடத்தில் ஆராய்ந்து தெரிந்து கொள்ளலாம். இத் தன்மை எப்பொழுதும் அண்டக் கதிர்ப் பரவலில் எலெக்ட்ரான்கள் குறைந்த ஆற்றலை உடைய முறைக்கு விரைவுபடுத்தப்படும்பொழுது மேற்கூறப்பட்ட காந்தப் புலன்களின் வலுவைப் பொறுத்த வரையில், அதிர்வுகளின் வெளிப்பாடு (அண்டவெளியில் சொல்லப்போனால்) மிகவும் அதிகப்படியாக இருக்கும்.

அதிக அளவு நேர் வேகங்கள் தேவைப்படுவது (எலெக்ட்ரான்களை விரைவுபடுத்துவதற்காக) பாடே, மின்னொளியில் இவர்களுடைய நூற்பத்திக்கு மிகவும் பொருத்தமாக இருக்கின்றது. எல்லா வலுவான கதிர் மூலங்களும் மிக அதிக வேகமுள்ள உள் இயக்கங்களை உடைய வாயுப் பொருள்களை உடையவையாகும் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கிறது. உதாரணமாக, நண்டு நெபுலா இம்மாதிரியாகும். இதில் நொடிக்கு 300 கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தை உடைய எதேச்சையான இயக்கங்கள் காணப்படுகின்றன. இந்தக் கோள்மூட்டின் உட்கிடை வாயுக்களில் இம்மாதிரியான இயக்கங்கள் இருந்தாலன்றி எலெக்ட்ரான்களின் விரைவு ஏற்படுவதில்லை. அண்டக்கதிர் ஆற்றல்களை (பால்வெளித் தொகுதியில்) உடைய எலெக்ட்ரான்கள் உற்பத்தியாகும்வரை வலுவான கதிர் அலைகள் வெளிப்படுவதில்லை.

இதிலிருந்து வலுவான அண்டகதிர் வடிவினைப் பொறியை (cosmic radio transmitter) உற்பத்தி செய்யத் தேவைப்படுவது ஓர் எளிய முறையாகும் என்று தோன்றுகிறது. இதற்கு ஒரு, வாயு மேகத்தை எடுத்துக்கொண்டு அதைப் பொறிய வலுவுடன் கலக்கவேண்டும். அடுத்த அத்தியாயத்தில் இந்த முறை நம் அண்டத்தில் உள் ஒரு வலுவான கதிர் மூலங்களிலிருந்து நம் அண்டத்தின் வெளியே உள்ள கதிர் மூலங்களுக்குச் செல்லும் பொழுதும் பொருத்தமானதாகும் என்பதைப் பார்ப்போம்.

இது அனைத்தும் நம் அண்டத்திலிருந்து கிடைக்கும் கதிர் அலைகளைத் தீர்த்து விடாது. மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ளபடி (iii, vi) வெளிப்பாடுகளை ஆராயவேண்டும். நம்முடைய அண்டத்தில் ஏற்படும் பெரும்பாலான கதிர்வீச்சு பரவலாக உள்ள விண்மீன்களிலிருந்து வந்தது என்று கருதப்பட்டது. சமீபத்தில் இந்தக் கருத்தை முற்றிலும் ஒப்புக்கொள்ளவில்லை. ஆற்றல் உடைய எலெக்ட்ரான்கள் திறன் வாய்ந்த தனிப்பட்ட மூலப் பொருள்களிலிருந்து கிடைப்பது போலவே ஆற்றல் வாய்ந்த எலெக்ட்ரான்களும் அங்கிருந்து மூலப் பொருளாக இருக்கலாம் என்று தோன்றுகிறது. எலெக்ட்ரான்கள் தனிப்பட்ட மேகங்களில் வலுவாக இருக்கமுடியாது. அப்படி இருந்தால் இவைகளைக் கதிரியக்க வானியல் அறிஞர்கள் தனிப்பட்ட மூலப் பொருள்களாக அறிந்திருப்பார்கள். எலெக்ட்ரான்கள் தனிப்பட்ட பகுதிகளில் உற்பத்தியாகி, அதாவது காஸியோபியா (Cassiopeia) போன்ற மூலப் பொருள்களில், பிறகு அவைகளின் உற்பத்திக்கு ஆதாரமான மேகங்களிலிருந்து தப்பிச்சென்று ஒரு வெளிப்பாட்டுத் துகள்களைக் கொண்ட பொதுவான அண்ட அடுக்காக அமைக்கப்பட்டிருக்கலாம்.

முடிவில் அண்டக் கதிர்மூலப் பொருள்களின் செறிவுகளைப் பற்றி ஒரு குறிப்பைக் கொடுக்கவேண்டும். புவியிலுள்ள கதிர் வடிவினைப் பொறி (Transmitter) ஒன்றைத் திறன் வாய்ந்ததாகக் கருதவேண்டுமானால், அதன் வெளி அளவு (output) 1,000 கிலோ வாட்டுகளாக இருக்க வேண்டும். காஸியோபியாவிலுள்ள புதிய மூலப் பொருளின் வெளி அளவு 100,000,000,000,000,000,000 கிலோ வாட்டுகளாகும். அண்டத்திலுள்ள மூலப் பொருள்களைப் பொறுத்தவரை இது மிகவும் சக்தி உடையதெனலாம். ஆனால், பேரண்டத்திலுள்ள மூலப் பொருள்களைப் பொறுத்த வரையில் இது சாதாரணமானதே. இன்னும் திறன் வாய்ந்த கதிர் வடிவினைப் பொறியை அடுத்த அத்தியாயத்தில் காண்போம்.

16. அண்டங்களின் உலகம்
(The World of Galaxies)

இடம் சார்ந்த கூட்டம் (The Local Group)

இதற்கு முன்புள்ள மூன்று அத்தியாயங்களிலும் நம்முடைய அண்டத்தின் அமைப்பைப் பற்றி ஆராய்ந்தோம். அடிக்கடி ஆன்ட்ரோமீடா நெபுலா, M_{31}-ஐ (படம் XXI) ப் பற்றியும், அநேக சிறிய விண்மீன் கூட்டங்களான மெகலனிக் மேகங்கள் (படங்கள் XXII, XXIII) இவைகளைப் பற்றியும் குறிப்பிட்டோம். இப்பொழுது இந்தக் குறிப்பிட்ட ஆராய்ச்சியிலிருந்து பொதுப் படையாக அண்டங்களைப் பற்றி-வான வெளியில் இவைகளின் பரவலைப் பற்றியும், பௌதிக வடிவத்தைப் பற்றியும், மற்றும் இவைகளின் உள் தன்மைகளைப் பற்றியும் ஆராய்வது நம்முடைய நோக்கமாகும்.

இருபது ஆண்டுகளுக்கு முன்பு அண்டங்களில் பெரும்பாலும் தனித்தனியாக இருக்கின்றன என்று கருதப்பட்டது. இவைகளில் ஒரு சிறுபான்மையே கொத்துகளில் உறுப்பினர்களாக இருந்தன என்றும் கருதப்பட்டது. சமீப ஆண்டுகளில் இதற்கு நேர்மாறான கருத்து ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகிறது. ஏனென்றால், இப்பொழுது ஓர் அண்டம் ஒரு கொத்தைச் சேர்ந்திருப்பது சாதாரண ஒரு நிலையாகக் கருதப்படுகிறது. தனிப்பட்ட அண்டங்கள் கொத்து களிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்டால்தான் ஏற்படமுடியும். இது அண்டங்கள் அப்பொழுதுக்கப்பொழுது செய்யும் காரியமாகும். C.D. ஷேன், C.A. விர்டானன் (C.D. Shane and C.A. Wirtanen) என்ற லிக் சோதனைக் கூடத்தைச் சேர்ந்த இருவர்களால் கண்டாய்வு (survey) செய்யப்பட்டு J. நேமன் (J. Neyman), E. L. ஸ்காட் (E. L. Scott) மற்றும் C. D. ஷேன் இவர்களால் பரிசீலனை செய்யப்பட்டு இந்த உண்மை வலுவான ஆதரவு பெற்றிருக்கிறது.

நம் அண்டம் இடம் சார்ந்த கூட்டம் என்ற கொத்தின் ஓர் உறுப்பாகும். மற்றொரு முக்கியமான உறுப்பு M_{31} என்ற ஆன்ட்ரோமீடாவிலுள்ள பெரிய அண்டமாகும். அடுத்தபடியாக மிகவும் முக்கியமான உறுப்பு ட்ரயான்குலம் (Triangulum) விண்மீன் மண்டலத்தைச் சேர்ந்த M_{33} ஆகும். இதைப் படம் XXXVII-ல் காணலாம். மொத்தத்தில் இடம் சார்ந்த கூட்டத்தின் 19 உறுப்புகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவை வானவெளியில் ஒரு மில்லியன் பார்ஸெக்ஸ் விட்ட அளவை உடைய பகுதியை உடையனவாகும். இப்பகுதியில் நம்முடைய அண்டம் ஒரு பக்கத்திலும் ஆன்ட்ரோமீடா நெபுலா மையத்தின் மற்றொரு பக்கத்திலும் இருக்கின்றன. இந்த இரண்டு மாப்பெரிய உறுப்புகளைக் காட்டிலும் M_{33} மிகவும் சிறியதாகும். இன்னும் அநேக இதர உறுப்புகள் இடம் சார்ந்த கூட்டத்தில் இன்னும் சிறிய உறுப்புகளாகும். M_{31} க்குப் பிறகு அதிக வெளிச்சமுள்ள அநேக விண்மீன்களைக் கொண்ட இரண்டு உறுப்புகள்—முக்கிய வரிசையில் உயரே உள்ள விண்மீன்களும் மீப்பெருமீன்களும்—பெரிய மெகல்லனிக் மேகமும், NGC 6822 தொகுதியும் ஆகும். (சிறிய மெகல்லனிக் மேகத்தில் மிக வெளிச்சமுள்ள சில விண்மீன்கள் இருப்பினும் இது சரியெனலாம்) மிகவும் வலுவற்ற தொகுதிகள் ட்ரேகோ, ஸ்கல்ப்டர், ஃபோர்னக்ஸ், (Draco, Sculptor, Fornax) என்ற விண்மீன் மண்டலங்களில் உள்ளவையாகும். இவை உருண்டைக் கொத்துகளின் மொத்த வெளிச்சத்தைவிட அதிக வெளிச்சமுடையனவாக இல்லை. ட்ரேகோ வகையைப் போன்ற வெளிச்சம் குறைவாக உள்ள தொகுதிகள் உருண்டைக் கொத்துகளைப் போன்று ஒரே முறையில் தான் ஆக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும் என்பதைக் காண்போம். இவைகளுக்கு இடையே உள்ளவை பட்டியல் எண்ணிக்கைகள் M_{32} NGC 205 கொண்ட ஆன்ட்ரோமீடா நெபுலாவின் துணை அண்டங்களாகும். இதைப் படம் XXI-ல் காணலாம். M_{32} NGC 205 இவைகளை IC 1,613 என்ற வலுவற்ற தொகுதியோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும். IC 1,613 இதை ப்ளேட் XXXVI-ல் காணலாம். M_{32}, NGC 205 இவை செறிவாகக் காணப்படுகின்றன. ஆனால், வலுவற்ற தொகுதிகள் மிகவும் தளர்ச்சியாகக் காணப்படுகின்றன.

இவை அருகில் இருப்பதாலும் நம் அண்டம் இடம் சார்ந்த கூட்டத்தில் மூழ்கியிருப்பதாலும் இதர உறுப்புகள் ஆகாயத்தில் பரவிக் கிடக்கின்றன. இவ்வாறுள்ள ஆன்ட்ரோமீடா நெபுலா புவியின் வட அரைக்கோளப் பகுதியிலிருந்து காணப்படுகின்றது. மெகல்லனிக் மேகங்கள் போன்ற இதர உறுப்புகள் தென் அரைக் கோளத்திலிருந்து காணப்படுகின்றன. அண்டத்தின் சமதளத்தில்

தன்மை தூசுகளினால் மறைக்கப்படுவதினால், பால்வெண்டலத்தின் திசையில் உள்ள இடம் சார்ந்த கூட்டத்தில் உள்ள மங்கலான உறுப்புகள், பார்க்கமுடியாமல் இருக்கும். இடம் சார்ந்த கூட்டத்தில் இவ்வாறு காணப்படாத உறுப்புகள் மூன்று அல்லது நான்கு இருக்கலாம்.

இடம் சார்ந்த கூட்டத்தைச் சேர்ந்த அண்டங்கள் ஓர் இணைக்கப்பட்ட அமைப்பு என்று இப்பொழுது கூறமுடியும். கோள்கள் எப்படி ஞாயிற்றுடன் இணைக்கப்பட்டு ஞாயிற்றோடு நம்முடைய அண்டத்தின் மையத்தைச் சுற்றி இயங்குகின்றனவோ, அதேபோல் இடம் சார்ந்த கூட்டத்தில் அண்டங்களை ஓர் இணைக்கப்பட்ட பொதிக அமைப்பாகக் கருதவேண்டும். இந்தக் குறிப்பின் பொருத்தம் பற்றி பின்பு ஓர் அத்தியாயத்தில் விரியும் பேரண்டத்தைப் பற்றி ஆராயும்பொழுது தெளிவாகும். இடம் சார்ந்த கூட்டம் விரிவடைவதில்லை.

இடம் சார்ந்த கூட்டத்திலுள்ள மொத்தப் பொருண்மைப் பற்றி ஒரு வார்த்தை கூறவேண்டும். அண்டத்திலிருந்தும், M_{31} லிருந்தும் பெருமளவு பொருள் கிடைக்கிறது. இவைகளுக்கிடையில் இந்த இரண்டு மிகப் பெரிய (Monsters) உறுப்புகள் சுமாராக 400,000 மில்லியன் மடங்குகள் ஞாயிற்றினுடைய அதிகப் பொருளைக் கொண்டவைகளாகும். ஆகவே, இடம் சார்ந்த கூட்டம் ஆக்கிரமித்துள்ள இடம் மிகவும் அதிகமானதால் இவ்வளவு அதிகப் பொருளை இடம் சார்ந்த கூட்டம் முழுவதிலும் சமமாகப் பரப்பினால் இது மிகவும் குறைந்த சராசரி அடர்த்தி உடையதாகும். அதாவது கல்லின் அடர்த்தியைப் போல் ஒரு பில்லியன், பில்லியன், பில்லியன், பில்லியன் பில்லியனில் 10 பங்காகும்.

வான வெளியில் அண்டங்களின் பரவல் (Distribution of galaxies in space)

இடம் சார்ந்த கூட்டத்திற்கு அப்பால் அடுத்தபடியாக வருவது மிக நெருங்கிய அண்டக் கொத்தாகும். இவைகளுள் ஒன்றின் அழகிய உருவான M_{81} என்பது (பிளேட் XXIV) தனிச் சிறப்புடையது. M_{81}-ன் தூரம் 2,500,000 பார்செக்குகள் ஆகும். பெரிய கொத்துகளில் முதலாவதாக இருக்கும் கொத்து சுமாராக 10 மில்லியன் பார்செக்குகள் தொலைவில் உள்ளது. இது கன்னி

இந்தப் புத்தகத்தில் அந்தத் தொலைநோக்கியினால் எடுக்கப்பட்டுள்ள படங்கள் மவுண்ட் வில்சன் பாலமார் ஆய்வகத்திலிருந்து பெறப்பட்டவை அல்ல. ஏனென்றால் இவை சாதாரணமாகக் கொடுக்கப்படும் படங்களைவிட அதிகமாக உள்ளன. [illegible] இந்த [illegible] தக்க காரணங்கள் அத்தியாயம் 18-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

என்ற விண்மீன் மண்டலத்தில் காணப்படும் பெரிய மேகமாகும் இந்த மேகம் படம் XXXVIII-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குறிப்பாக முக்கியமான ஓர் உறுப்புப் படம் XXVII-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கன்னி மேகத்தில் பார்க்கக்கூடிய அண்டங்கள் 1,000-க்கு மேல் உள்ளது. இது ஃபோர்னக்ஸ், ஸ்கல்ப்டர் போன்று பார்ப்பதற்கு மிகவும் மங்கலான அநேக பெரிய உறுப்புகளையும் உடையதாக இருக்கலாம்.

கன்னி மேகம் மிகவும் வளமார்ந்ததாக இருந்தாலும், இடம் சார்ந்த கூட்டத்தைவிட மிகவும் பெரியதாகக் கருதமுடியாது. கன்னி மேகம் இடம் சார்ந்த கூட்டத்தைப் போல் சுமாராக இரண்டு மடங்கு பெரியதாகும்.

கன்னி மேகத்திற்கு அப்பால் அநேககொத்துகளைக் காணலாம். இவை பின்வரும் அத்தியாயங்களில் ஆராயப்பட வேண்டியதால் இவைகளில் சிலவற்றைப்பற்றி நேரிடையாகக் குறிப்பிடப்படும் படம் XXXIX-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது, கோமாக் கொத்தின் (Coma) மத்தியப் பகுதிகளாகும். இதில் 1,000 உறுப்புகளுக்கு மேல் உள்ளன. இது அதிகத் தொலைவில் இருப்பதினால் இதன் அண்டங்கள் கன்னி மேகத்தில் உள்ளதை விடச் சிறியவைகளாகக் காணப்படுகின்றன. உண்மையில் இவை அதே பரிமாணத்தை உடையனவாகும். நமக்குத் தெரிந்தவற்றுள் மிகவும் வளமார்ந்த கொத்தாகிய கோமா சுமாராக 50 பார்செக்ஸ் தொலைவில் உள்ளது. இத்தொலைவை முன் அத்தியாயங்களில் கொடுக்கப் பட்டுள்ள அளவு முறைகளைக் கொண்டு அளவிட முடியாது. இவ்வளவு அதிகத் தொலைவுகளை எவ்வாறு யூகிப்பது என்பதைப்பற்றி இன்னொரு அத்தியாயத்தில் கொடுக்கப்படும்.

கரோனா போரியாலிஸ் (Corona Borealis) என்ற விண்மீன் மண்டலத்தில் உள்ள ஒரு சிறப்புடைய கொத்து சுமாராக 150 மில்லியன் பார்செக்ஸ் தொலைவில் உள்ளது. இது முன்னைவிட அதிகத் தொலைவாகும். இதைப் படம் XL-ல் காணலாம். இன்னும் அதிகத் தொலைவுகளில் கொத்துகளின் எண்ணிக்கை மிகவும் அதிகமாகும். ஆகையினால், மாதிரியாக ஒன்று அல்லது இரண்டைப் பற்றி இங்குக் குறிப்பிடலாம். வான இயலில் அளவிடுவதற்கு முக்கியமான ஒன்றாக இருந்ததைப் ப்ளேட் XLI-ல் காணலாம் இது 400 மில்லியன் பார்செக்ஸ் தொலைவிலிருக்கும் ஹைட்ரா (Hydra) என்ற விண்மீன் மண்டலத்தில் உள்ளது. இப்பொழுது தொலைவு மிக அதிகமாக இருப்பதால் அண்டங்களின் அமைப்பைப் பற்றிய தகவல்களைச் சரியாக அறிய முடியாது. இந்த நிலையில்

அண்டங்களின் அமைவின் மங்கலான தன்மைகளைக் கொண்டோ (Purzziness) அல்லது கோளவடிவ அமைவுகளை இருப்பதைக் கொண்டோ அறிய வேண்டும்.

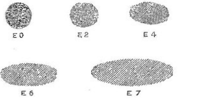
படம் XLI-ல் கொடுக்கப்பட்ட அண்டங்கள் சுமார் 200 அங்குலப் பெரும் உருக்காட்டும் தொலைநோக்கி (Hale reflector) யிலும் ஒளிப் படம் ஆக்குவதற்கு அவ்வளவு தொலைவில் இல்லை. 200 அங்குலத் தொலைநோக்கி கண்டுள்ள ஒளிப்படமெடுக்கக் கூடிய முழுமான எல்லைக்கு உட்பட்ட தொலைவில் பல அண்டங்கள் எவ்வாறு இருக்கும் என்பதைப் படம் XLII-ல் காணலாம்.

இவைகளை வேறுபடுத்தி அறிவதற்காக அடைகுறிகள் ஒளிப் படத் தகடுகளில் வரையப்பட்டுள்ளன. அதிகத் தொலைவிலுள்ள அண்டங்களுக்குக் குறைவு கிடையாது என்பது தெரிகின்றது. மங்கலின் எல்லையை அடைந்த உடன் அதிக ஒளிப்படத் தகடுகளில் இன்னும் அதிக அண்டங்களைக் காணலாம். நம் அண்டத்தின் விண்மீன்களைக் காட்டிலும் இவைகளை அதிக அளவில் காணலாம். XLII ஆம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள மங்கலான அண்டங்கள் 1,000 மில்லியன் பார்செக்ஸ் அல்லது 20,000,000,000,000,000,000,000 மைல்கள் தொலைவில் உள்ளன. 100 முதல் 1,000 மில்லியன் அண்டங்களை 200 அங்குலத் தொலைநோக்கியின் மூலம் காணலாம். ஆனால், 1,000 மில்லியன் பார்செக்ஸ் தொலைவிலுள்ள இருக்கும் அண்டங்களின் எண்ணிக்கை மிக இருந்திட மிகவும் அதிகமாகும். நம் இடம் சார்ந்த கூட்டம் 19 காணப்பட்ட உறுப்புகளை உடையதாகும் என்று பார்த்தோம். இருந்தாலும் இவைகளுள் ஆறு அல்லது ஏழுதான் 10 மில்லியன் பார்செக்ஸ் தொலைவில் பார்க்கக் கூடியவைகளாக இருக்கின்றன. இரண்டுமட்டும் கிட்டத்தட்ட 1,000 மில்லியன் பார்செக்ஸ் தொலைவில் காணக்கூடியவைகளாக இருக்கின்றன. இவை நம் அண்டமும் ஆண்ட்ரோமீடா நெபுலாவும் ஆகும்.

இதுவரை சொல்லப்பட்டதிலிருந்து பல தொகுதிகளுள் அநேக மாற்றம் காணப்படுகின்றது என்று தெரிகின்றது. சில, அநேகமாக பெரும்பாலும், இடம் சார்ந்த கூட்டத்தைப் போல் சிறப்பற்ற மாதிரிகளாகும். இதர தொகுதிகள் கோமா தொகுதியைப்போன்று மிகவும் வளம் செறிந்தவைகளாக உள்ளன; நாம் கோமாத் தொகுதியில் வசிக்கும் ஒரு வானநூல் அறிஞரின் வாழ்க்கை இன்னும் அதிகக் கவர்ச்சியுடன் இருக்கும். ஆனால், அப்பொழுது பேரண்டத்தின் சராசரி நிலையைப்பற்றி ஒருவிதத் தவறான கருத்தை உள்ளவர்களாக ஆகிவிடுவோம்.

அண்டங்களின் அமைப்புப் படிவங்கள் (Structural forms of the galaxies)

அடுத்தபடியாக அண்டங்களின் அமைப்புகளை எடுத்துக் கொள்வோம். நம்முடைய தற்போதைய வாதத்தின் அடிப்படை ஹப்பிள் (Hubble) என்பவரால் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு வகுப்பு முறையாகும். முதலில் தூசு மேகங்கள் காணப்படாத வகைகளைத் தனிப்படுத்துவோம். இவைகளைப் படம் 58-ல் கொடுக்கப்பட்ட நீள்வட்ட தொடரில் பொருத்தி அமைக்கலாம். துருவ விட்டம் மொத்தத் தொடரிலும் கிட்டத்தட்ட ஒரேமாதிரியாக இருப்பதைக் காணலாம். பலதிறப்பட்ட சுழற்சியினால் மத்திய மட்டதள விட்டத்தில் வித்தியாசங்கள் ஏற்படுகின்றன. உதாரணமாக ஒரு E0 அண்டம் ஒரு E 7 அண்டமாக நீட்டப்பட்டு விடும். இதற்குப் போதிய வேகமாகச் சுழற்சி இருந்தால் துருவ விட்டம் சாதாரணமாக 1,000 முதல் 1,500 பார்செக்ஸ் வரையில் நீளமுடையதாக இருக்கலாம். ஆனால், ஒரு E7 வகை அண்டத்தில் மத்திய மட்டதள விட்டம் 5,000 பார்செக்ஸ்கள் வரை அதிக அளவில் இருக்கலாம். படம் 58-ல் கொடுக்கப்பட்ட அமைப்புத் திட்டத்திற்குட்பட்ட



படம். 58. நீள்வட்டத் தொடர். E1, E3 மற்றும் E5 இவை காண்பிக்கப் படவில்லை

அண்டங்கள் நீள்வட்ட அண்டங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. ஆன்ட்ரோமீடா நெபுலாவின் (படம் XXI) இரண்டு துணைக் கோள்கள் நீள்வட்ட அண்டங்களாகும். இதர உதாரணங்களைப் படம் XLV-ல் காணலாம்.

தூசு மேகங்களை உடைய அண்டங்களை எடுத்துக்கொள்ளும் பொழுது ஒரு புதுமையான நிலை ஏற்படுகின்றது. தூசு நடுப்பகுதிகளில் காணப்படுவது அரிது. இது தட்டையான வெளிப் பகுதி

வசியில்தான் காணப்படுகின்றது. இம்மாதிரியான அண்டங்களின் தட்டின் சுருக்கம் அப்படியே எடுத்துக்கொண்டால் படம் 58-ல் கொடுக்கப்பட்ட தொடரின் வகைப்படுத்தப்படலாம். அண்ட்ரோமிடா நெபுலாவை E3 என்று நீள்வட்ட அண்ட வகையில் சேர்த்துக்கொள்ளலாம். தட்டுகள் உடைய அண்டங்கள் நிச்சயமாக இரண்டு பகுதிகளை உடையதாகும் என்று தோன்றுகிறது. அதாவது நீள்வட்ட வகையின் நடுத் தகடும் இதைச் சுற்றியுள்ள வெளித் தட்டும் ஆகும். இம்மாதிரியான இரட்டைப் பகுதி அமைப்பானது 'ஸோம்ப்ரேரோ தொப்பி' (Sombrero hat) எனப்படும். படம் XXV-ல் கொடுக்கப்பட்ட NGC 4594 என்ற அண்டத்தைக் காணும்பொழுது மறுக்க முடிவதில்லை. இதில் உள்ள அணுக் கரு நீள்வட்ட அணுக் கருவில் கிட்டத்தட்ட E3 என்ற வகையைச் சேர்ந்ததாகும். இந்த வெளித் தட்டு மேற்பொல்லைத் தகட்டுடன் தூசு ஒரு முக்கிய உறுப்பாகும் என்பதை விளக்குகிறது. இத் தூசி அணுக் கருவின் உறுப்பில்லை என்பதையும் காட்டுகிறது. அணுக் கருவில் தூசி முகடு இருந்தால் அணுக் கருவிலிருந்து வரும் ஒளியை மறைக்கும் பொருளான ஒரு பெரிய மத்தியதளப் பட்டை மறைந்து விடுகிறது.

ஓர் அண்டம் வெளிப்புறத் தட்டை தன்மை உடையதானாலும், அதிலுள்ளவை சுருள் கிளைகள் காணப்படுகின்றன. அணுக் கரு பெரியதாகவும் தட்டு சிறியதாகவும், N G C 4594 இதில் உள்ளதுபோல் இருந்தால் இந்த அண்டம் Sa வகையைச் சேர்ந்தது எனப்படும். சுருள்களை உடைய அண்டங்கள் 'சுருள்கள்' (Spirals) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. ஏனென்றால் இவைகளைத் தட்டுகள் இல்லாத அண்டங்களிலிருந்து வேறுபடுத்துவதற்காக Sa என்ற பெயர்க் குறியில் S என்ற எழுத்து சுருள் (அதாவது தட்டை உடைய அண்டம்) என்பதைக் குறிக்கின்றது. a என்ற சிறிய எழுத்து அணுக்கருவே முக்கிய அமைப்பாகும் என்பதைக் குறிக்கின்றது.

சுருள் அண்டங்கள் ஒரு தொடர்ச்சி உடையவைகளாகும். இது சுற்றிலும் அவ்வளவாக நிர்ணயிக்கப்படுவதில்லை. அணுக்கரு எவ்வளவு வலுவாக இருக்கின்றது என்பதைப் பொறுத்துதான் இருக்கின்றது. N G C 4594 என்பதை மாதிரியாகக் கொண்ட Sa என்ற அண்டம் முற்றிலும் வலுவான அணுக்கருவை உடையதாகும். இன்னொரு பக்கத்தில் Sc என்ற வகை அண்டங்கள், பரந்த தட்டுகளையும் சுருள் கிளைகளையும் உடையவைகளாயும் இருக்கின்றன. ஆனால், சிறிய அணுக் கருக்களை உடையவைகளும்— இவை சிறப்புடையவைகளாகக் கருதப்படும் உருண்டைக் கொத்துக்

களாகும். இடம் சார்ந்த கூட்டத்தைச் சேர்ந்த M_{33} என்ற உறுப்பு (படம் XXXVII) Sc வகுப்புக்கான உதாரணமாகும். மற்றொரு உதாரணம் படம் XLVII-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இதுதான் 'சுழல்' அண்டம் (Whirl pool) என்னும் M_{51} ஆகும். இவைகளுக்குள் நடுத்தரமாக உள்ளவை Sb வகைப்படும். இதில் அணுக்களும் தூசும் நன்கு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஆண்ட்ரோமிடா நெபுலாவும் (படம் XXI) M_{81} (படம் XXIV) ஆம் Sb வகை அண்டங்களைச் சேர்ந்தவையாகும். ஒரு வேளை நம் அண்டமும் Sb வகையைச் சேர்ந்ததாக இருக்கலாம்.

N G C 4594 மற்றும் M_{31} ஆகிய அண்டங்களின் புகைப்படங்களைப் பார்க்கும்பொழுது வெளிப்புறத்துகள்கள் அணுக்கருவிலிருந்து வெளிவந்துள்ளன என்ற கருத்தை மறுக்க முடியவில்லை. இந்த நிலையில் வேகங்களின் மூலத்தைப்பற்றி விவாதிக்கப்படாத பல வினாக்கள் அடிக்கடி தோன்றி வருகின்றன. இதில் ஒரு வாயுத்தட்டு எந்த முறையிலும் சூரியனை விட்டு அப்பால் தள்ளப்படுகின்றது. முன் அத்தியாயத்தில் நம் அண்டத்தின் தட்டில் ஒரு வலுவான காந்தப் புலன் இருக்கின்றது என்பதைப் பற்றிய வாதம், இந்தக் கருத்திற்கு ஓர் ஆதாரத்தைக் கொடுக்கின்றது. பின்னொரு நிலையில் சுருள் கிளைகளின் அமைப்பு மொத்தத்தில் காந்தப் புலன்களின் விளைவுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டவை என்ற கருத்தை ஆராய்வோம்.

E மற்றும் S என்ற இருவகையில் அண்டங்களை வகைப்படுத்தினாலும் நாம் நேரிடையாகக் காணக்கூடிய பெரும்பாலும் எல்லா அண்டங்களையும் கொண்டதாயினும், இது நமக்குத் தெரிந்த ஒவ்வொரு அண்டத்தையும் கொண்டதாகாது. இடம் சார்ந்த கூட்டத்தில் அநேக தொகுப்புகள் படம் XXXVI-ல் காண்பிக்கப்பட்ட IC 1613 போன்ற தொகுப்புகள், ஒழுங்கற்ற பொருள்களாக இருக்கின்றன என்பதைப் பார்க்கிறோம். தனித்த தொகுதிகளாக இவை மிகவும் வலுவற்றனவாக இருப்பதினால் இவை அடிக்கடி காணப்படும் அண்டங்களாக இருந்தபோதிலும் நம் இடம் சார்ந்த கூட்டத்தைச் சேர்ந்த அண்டங்கள் மட்டுமே காணக்கூடியவைகளாக இருக்கின்றன. இந்தத் தொகுதிகள் படம் 58-ல் காட்டப்பட்டுள்ள இடப்பக்க அமைப்புகளை உடையனவாக இல்லாமல் வலுவற்ற நீள்வட்ட அண்டங்களைப் போல் காட்சி அளிக்கின்றன. பின்வரும் அத்தியாயத்தில் எல்லா அண்டங்களும் ஒரு காலத்தில் இம்மாதிரியான தாழ்ந்த நிலையில் இருந்திருக்கவேண்டும், IC1613 போன்ற அதிகப் பொருள்களும் அதிக மின்னணுக்களையும் உடைய தொகுதிகளில் E, S என்றவகை அண்டங்களை

உற்பத்தி செய்வதற்கான ஒரு செறிவு முறைக்கு உட்பட்டன வாகும் என்பதையும் காணுவோம்.

வரான்மையான வழுவு குறைவாகவும் தளர்ந்தும் உள்ள தொகுதிகளைத் தவிர இதுவரை பருநிர்ப்படுத்தப்பட்ட வகையைத் தவிர வேறு இரண்டு கூட்டங்கள் உள்ளன. இதில் ஒன்று, சுரியற்ற அமைப்புடைய அண்டங்களாகும். மெகல்லனிக் மேகங்கள் இந்த வகையைச் சேர்ந்ததாகும். மற்றவை படம் XLV-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவை பார்ப்பதற்கு அருவருப்பாக இருந்தாலும் சுரியற்ற அமைப்புடைய இந்த அண்டங்கள் தளர்ச்சியாகவும் உருவற்றவையாகவும் உள்ள IC 1613 போன்று ஆகா. இவை கிளைகள் உடையனவாகும், தனித்தியங்க உள்ள அமைப்புகள் முகங்கள் அற்றவை. மேலும், இவை ஒரு தடியான நீண்ட அமைப்பை உடையனவாகும். இதனால் அநேக வானநூல் அறிஞர்களும் சுரியற்ற அமைப்புடைய இந்த அண்டங்கள் மேற்சொன்னதுபோல் இரண்டாவது கூட்டத்தோடு தொடர்புடையனவாக இருக்கலாம் என்று தெரிகிறது. இந்த இரண்டாவது கூட்டத்தை SB என்ற இரண்டு எழுத்துகளால் குறிப்பிட்டனர். S என்பது சுருளையும் B என்பது தடியான அமைப்பையும் குறிக்கின்றன.

SB அண்டங்களின் பொது அமைப்புகள் அநேக விதங்களில் S அண்டங்களின் அமைப்புகள் போல் ஆகும். ஆனால் S அண்டங்களில் சுருள் கிளைகள் அணுக்கருவிலிருந்து நேரடியாக வெளிப்படுகின்றன. SB அண்டங்களில் இந்தச் சுருள் அண்டங்கள் அணுக்கருவைக் குறுக்கிட்டு நிற்கும் தடியான பகுதியிலிருந்து படம் LVI-ல் உள்ளபடி வெளிப்படுகின்றன. S அண்டங்கள் Sa, Sb, Sc என்ற பிரிவுகளை உடையனவாகும். இதேபோல்தான் SB அண்டங்களும் SBa, SBb, SBc என்ற பிரிவுகளை உடையனவாகும். முன்போலவே இந்தப் பிரிவு அணுக்கரு பிறிதாகக் குறைந்த முக்கியத்துவத்தை இந்த வரிசையில் உள்ளவையாகும். இது படம் XLVIII-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தடியாக உள்ள இக்கிளைகளின் தனித் தன்மை பரிதுகளில் இழைகளின் அணுக்கருக்கள் ஒர் உள் சுருள் கிளைகளை உடையனவாகும். இதுதான் அதாவது, அண்டங்களின் சாட்சி மெய்ப்பித்தப்பட்ட உருவங்கள் மிகவும் புதிரான ஒரு பிரச்சினையாக உள்ளது.

நீள்வட்ட அண்டங்களுக்கும் சுருள் அண்டங்களுக்கும் உள்ள மாறுபாடுகள் (The difference between elliptical and spiral galaxies)

ஏன் சில அண்டங்கள் வெளிக்கதிர் உடையனவாயும் சில இல்லாதவையாயும் இருக்கின்றன? இந்தக் கேள்விக்கு விடை

அளிக்கும் வகையில் பாடே என்பவரும் ஸ்பிட்சர் (Spitzar) என்ப வரும் முன்வைத்திருந்ததைக் கண்டுபிடித்தனர். அதாவது ஓர் அண்டம் மற்றொரு அண்டத்தோடு அவ்வப்போது மோதுகின்றது என்பதே இவர்கள் கண்டுபிடித்த உண்மை. அண்டங்கள் ஒன்றுக் கொன்று இணைந்த வகையில் இருக்கின்றன. ஒரு கொத்தில் அண்டங்கள் அந்தக் கொத்தினுள் இயங்கி வருவதால் இவை மோதுகின்றன.

ஒரு மோதலின் விளைவு நாம் நினைப்பது போல் அவ்வளவு மேன்மையாக இருக்காது. ஓர் அண்டத்தின் விண்மீன்கள் மற்றொரு அண்டத்தின் விண்மீன்களோடு மோதுவதில்லை. ஏன் என்றால், விண்மீன்களுக்கு இடையே உள்ள தொலைவுகள் அவைகளின் பரிமாணங்களைக் காட்டிலும் மிகவும் அதிகம். சாதாரணமாக நம் வீடுகளில் காணப்படும் தூசிப் புள்ளிகளாக விண்மீன்களை வைத்துக் கொள்வோம்; அப்பொழுது அண்டத்தைப் பல மைல்களுக்கு அப்பால் உள்ள இப்புள்ளிகளின் கூட்டாக நினைக்கலாம். மொத்தப் பரவலின் கூட பரிமாணம் பூமிக்கிணையாகும். இப் பாதிரியான புள்ளிகளின் தொகுப்பு கிட்டத்தட்ட சுலபமாக ஒன்றினூடே ஒன்று செல்லலாம்.

இம்மாதிரி சுலபமாக ஊடுருவிச் செல்வது இரண்டு அண்டங்களிலும் உள்ள வாயுக்களுக்குப் பொருந்தாது. ஓர் அண்டத்தின் வாயு மேகங்கள் மற்றொரு அண்டத்தின் வாயு மேகங்களோடு பலமாக மோதும். இம்மாதிரியான மோதல்கள் வாயுவில் உயர் அழுத்தத்தை உண்டாக்குகின்றது. உண்டாகும் மோதல் ஏற்படும்பொழுது நேர்வேகம் போதிய அளவு அதிகமாக இருந்தால் அப்பொழுது வெப்பம் அதிகரித்து, இதனால் இரு அண்டங்களிலிருந்து வாயுக்கள் ஆவியாகப் பெரு மளவில் பிரிந்து செல்லும். இரண்டு அண்டங்கள் மோதும் பொழுது என்ன நேரிடலாம் என்பதைப் படம் XLIX-ல் காண லாம்.

இப்பொழுது நீள் வட்டம் அல்லது சுருள் அண்டம் நிலையும் ஆராய்வோம். எல்லா அண்டங்களும் அவை தோன்றும் சமயத்தில் சுருள் அண்டங்களாக ஆதாரம் இருக்கின்றது என்போம். இவை தன் அணுக் கருவையும் பின்பு வெளித் தட்டாக வளர்க்கக்கூடிய எதிர்ப்புள்ள வாயுவையும் உடையனவாகும். ஆனால், மோதல்களினால் பல மாற்று வழிகளில் வளர்ச்சி அடைகின்றன. முதலாவதாக ஓர் அண்டம் அதன் தகுந்த வளர்ச்சி அடைவதற்கு முன்பே அதன் வாயுவை இழக்கலாம். இந்நிலையில் ஒரு சாதாரண

நீள் வட்ட அண்டம் உருவாகிறது. இது படம் 58-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள E0 முதல் E_7 வரை உள்ள வரிசையைச் சேர்ந்ததாகும். இடைப்பட்டதாக அமைந்த வெளிக்கரம் உண்டாகிய பிறகு மோதல் அடையவில்லை. இந்நிலையில் N G C 4594 என்ற அண்டம் போன்ற ஓர் அமைப்பு உண்டாகும். ஆனால், மேகப்பிரதேசமோ கருப்புப்பட்டை. இவ்வாறே அமையும் வாயுவின் பெரும் பகுதியை நீக்கிவிடும், தூசு வாயுவோடு கலந்திருப்பதினால் இம்மாதிரியான அண்டங்கள் காணப்படுகின்றன. இவைகளை ஹப்பிள் என்பவர் S0 அண்டங்கள் என்று பாகுபடுத்தியிருக்கிறார். இந்த S0 அண்டங்கள் இருப்பதைக் கண்டுதான் பாடே என்பவரும், ஸ்பிட்சர் என்பவரும் அண்டங்களின் இடையே ஏற்படும் மோதல்களின் முக்கியத்துவத்தை உணர்ந்தனர். மூன்றாவது நிலை ஒரு அண்டம் மோதலில் அடையாதிருப்பது. இந்நிலையில் அதன் வாயுவை இழக்காமல் ஒரு தட்டை அடைகின்றது. அப்பொழுது இது ஒரு சுருள் அண்டமாக ஆகின்றது.

இந்தக் கருத்துக்களை ஒரு காட்சிப் பரிசோதனைக்கு உள்ளாக்கலாம். எவ்விடத்தில் மோதல்கள் அதிகமாக இருக்கின்றனவோ, அவ்விடத்தில் சுருள்கள் குறைவாக இருக்கும் என்று எதிர்பார்ப்போம். இது உண்மையே. கோமாக் கொத்துப் போன்ற அடர்த்தியான கூட்டுப்பொருள்களின் நடுப்பகுதியில் சுருள்கள் குறைவாகவே காணப்படுகின்றன. இத்தகு அடர்த்தியான கொத்துகளின் வெளிப்பகுதிகளில் சுருள்கள் கருதத்தக்க அளவில் அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. இதுவும் பொருத்தமானதே. ஏனென்றால், ஒரு கொத்தின் வெளிப்பகுதிகளில் அண்டம் மோதுவது வாய்ப்பில் அதன் நெருக்கமான நடுப்பகுதியைவிட அரிதாகும்.

பேரண்டத்தின் மிகப்பெரிய கதிர் வானொலிப் பரப்பிகள் (The greatest radio transmitters in the Universe)

ஒருங்கமைந்த வானொலிப் பரப்புகளுடைய இரண்டு அண்டங்கள் ஒன்றோடு ஒன்று மோதும்பொழுது மோதும் வாயுப்பொருள்களின் இயக்கம் தொடர்பற்ற இல்லாத அளவில் பலமாக இருக்கும். அதிர்வுகளின் அலைகளைப் பற்றிய பாதத்திலிருந்து கிடைத்த முடிவை நாமப்படுத்திக் கொண்டால், மோதும் அண்டங்களிலிருந்து ஒரு பிரமாண்டமான வலிமையுடைய கதிர்வெளிப்பாட்டை எதிர்பார்க்கலாம். கதிர் அலைகளின் வெளிப்பாடு நம் அண்டத்தின் செறிவான மூல இடங்களிலிருந்து ஏற்படுகின்றது. பலவகைத்தானவே வாயு இயக்கங்களே தெரிவான கதிர்வெளிப்பாட்டிற்கு ஏற்ற காரணங்களாகும் என்பதை நினைவு படுத்திக் கொள்ள

வேண்டும்). இது காட்சி ரீதியாகவும் சரியானதே. ஏனென்றால், நமக்குத் தெரிந்த அளவில் அதிகத் திறனுடைய கதிர்வெளிப்பாடு தொலைவிலுள்ள சிக்னஸ் (Cygnus) என்ற விண்மீன் மண்டலத்தைச் சேர்ந்த இரண்டு மோதும் அண்டங்களிலிருந்து கிடைக்கின்றது. இந்த அண்டங்கள் மிகவும் தொலைவில் இருப்பதனால் ஒரு பெரிய தொலைநோக்கியை வைத்துப் பார்க்கும் பொழுதும் மங்கலான பொருள்களாகவே காணப்படுகின்றன. இவைகளைப் படம் XLIX-ல் காணலாம். இந்த அண்டங்கள் கதிரலைகளுக்கான மூலப்பொருள்கள் என்பது ஓர் அளவு F. G. ஸ்மித் (F. G. Smith) என்பவரின் கதிர் ஆராய்ச்சியிலிருந்து கண்டு பிடிக்கப்பட்டன. ஓர் அளவு பாடே, மின்கோவ்ஸ்கி, இவர்களின் காட்சி ஆராய்ச்சியி லிருந்தும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

இந்த அண்டங்களின் கதிர் ஆற்றலின் வெளிப்பாடு, காணும் ஒளியைவிட அதிகமாகும். இதைச் சில ஆண்டுகளுக்கு முன் யாரும் கணித்திருக்க முடியாது. சிக்னஸ் அண்டங்களின் கதிர்த் திறன் சுமாராக 1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 கிலோவாட்டுகளாகும்.

அண்டங்களின் இடையே நேரிடும் சந்திப்பு இன்னும் அநேகம் உள்ளன. ஆனால், சிக்னஸைப் போல் இவை அவ்வளவு முக்கியமானவை அல்ல. ஒரு வேளை சிக்னஸ் தனிப்பட்ட இரண்டு பெரிய சுருள்களின் நேரிடை மோதல்களாக இருக்கலாம்; — நம்முடைய அண்டம் ஆண்ட்ரோமீடா நெபுலாவோடு மோதுவதுபோல. ஒரு நீள்வட்ட அண்டம் ஒரு சுருள் அண்டத்தோடு மோதினால் அப்பொழுது கதை வேறாகச் சொல்லப்பட்ட. அண்டத்தில் உள்ள வாயு மோதிய அளவு கலக்கப்படுகிறது. இதனால் அது ஒரு வெளிப்பாட்டு மூலப்பொருள் ஆகிறது. ஆனால், இரண்டு அண்டங்களும் சுருள்களாக இருக்கும் பொழுது இரண்டிலும் வாயுக்கள் வாயு இருப்பதால் முன்னது இவ்வளவு சிறப்பாக இருக்காது. படம் LI-ல் கொடுக்கப்பட்ட உதாரணம் ஒரு வேளை ஒரு நீள்வட்ட அண்டம் ஒரு சுருள் அண்டத்தோடு மோதும் நிலையாக இருக்கலாம்.

அண்டங்களின் மோதல்களினால் ஏற்படும் கதிர் வெளிப்பாட்டைத் தவிர மெல்லிய கதிர் அலைகளின் வெளிப்பாடு இதர அண்டங்களிலும், நம் அண்டத்தைப் போலவே, ஏற்படுகிறது. ஆண்ட்ரோமீடா நெபுலாவில் உள்ள ஒரு காட்சி - ஆய்வாளர் நம் அண்டத்திலிருந்து வரும் கதிர் வெளிப்பாட்டைக் கண்டுபிடிக்கலாம். அதைப் போல் நம் அண்டத்திலுள்ள காட்சி - ஆய்வாளர் ஆண்ட்ரோமீடா நெபுலாவைக் கண்டு பிடிக்கலாம். உண்மையில்,

முதலாக மான்செஸ்டர் பல்கலைக்கழகத்தைச் சேர்ந்த ஹான்பரி-பிரௌன் (Hanbury - Brown), மற்றும் ஹசார்டு (Hazard) என்பவர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது ஒரு காலத்தில் 'கதிர் விண்மீன்கள்' என்று கருதப்பட்ட பொருள்களின் கேம்பிரிட்ஜில் உள்ள ரைல் (Ryle) என்பவரால் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட பிறகே நடந்தது. இவை வானத்தில் பல இடங்களில் தனித்தனியாக உள்ள கதிர் அலைகளின் மூலப்பொருள்கள் ஆகும். முதலாவதாக நடத்தப்பட்ட ஆராய்ச்சியில் 50 மூலப்பொருள்கள் இருப்பதாகத் தெரிந்தது. இவ்வாறு முதல் தனிப்பட்ட மூலப்பொருள் நண்டு நெபுலாவில் உள்ளதாகும். இதைக் கண்டு பிடித்தவர் J.G போல்டன் (J.G. Boltan) என்பவராவார். அடுத்தபடியாக ஹான்பரிப்பிரௌன் மற்றும் ஹசார்டு என்பவர்கள் ஆன்ட்ரோமெடா நெபுலாவைக் கண்டுபிடித்தனர். அடுத்தபடியாக ரைல் என்பவர் நான்கு அண்டத்தின மூலப்பொருளைக் கண்டு பிடித்தார்.

மூன்று அல்லது நான்கு ஆண்டுகளுக்கு முன்பு 50 தனிப்பட்ட மூலப்பொருள்களின் பெரும்பாலானவற்றின் இயல்பைப் பற்றி மிகவும் தீவிரமான ஐயப்பாடு இருந்தது. (இன்றும் ரைல் என்பவரின் ஆராய்ச்சியிலும் இது 1800 என்று அளவிற்கு அதிகரிக்கப் பட்டது!) இவை நம் அண்டத்திலுள் கண்டுபிடிக்கப்படாதவையாக அருகாமையிலுள்ள இரண்டு பொருள்கள் என்று தெரிவிக்கப்பட்டது — ஆகையினால்தான் இவைகளுக்கு தற்போது நிராகரிக்கப்பட்ட பெயரான 'ரேடியோ விண்மீன்கள்' என்ற பெயர் ஏற்பட்டது. இவைகளின் திசைகளிலுள்ள ஏராளமான மயங்கிய (இவை எல்லாத்திசைகளிலும் கிட்டத்தட்ட ஒரே அளவில் காணப் படுகின்றன) நம் அண்டத்திலுள் தொலைவான மூலப்பொருள் களுக்கு இடம் இல்லாமல் செய்து விடும். ஏனென்றால், இம்மூலப் பொருள்கள் பால்வெளி மண்டலத்தில் பரவிக்கிடக்கும்; ஆனால் வானத் தில் ஒரே மாதிரியாக இருக்காது. ஓர் இடம் சார்ந்த கதிர் விண் மீன்களுக்கு மாறாகக் கோல்டு (Gold) என்பவர் ஆன்ட்ரோமிடா நெபுலாவைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு முன்பே ஒரு தீவிர கருத்தைத் தெரிவித்தார். இவைகளின் மற்றைய மூலப்பொருள்களில் பெரும் பாலும் தொலைவாக இருப்பதாக வைத்தால் அதாவது நம் அண்டத்தின் வெளியே வெகுதொலைவில் இருப்பதாக வைத்தால், அப்பொழுது இதை விளக்கலாம் என்று கூறினார். மேலும் தனித் தனியாக உள்ள மூலப்பொருள்களில் பெரும்பாலும் நம் அண்டத் தைத் தவிர்த்து உள்ள இதர அண்டங்களாகும் என்று குறிப் பிட்டார். தற்போதுள்ள ஆதாரம் இந்த விளக்கத்தை ஆதரிக் கின்றது.

சரித்திர ரீதியான இந்த விளக்கமான குறிப்பை விட்டுச் சற்று நேரம் சாதாரண அண்டங்களைக் கதிர் அலைகளின் வெளிப்பாட்டு மூலப் பொருள்களாகக் கருதுவோம். மோதும் அண்டங்களாகக் கருதாமல் இதற்குள், அருகாமையிலுள்ள அண்டங்களுள் பெரும்பாலானவற்றைக் கண்டுபிடித்ததைத் தவிர இவைகளில் அநேகவற்றின் வெளிப்பாட்டு வேக (rate of emission) மானங்களும் சரியானபடி அளக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு புதுமையான நிலை ஏற்படுகிறது. Sb, Se என்ற அண்டங்களைப் பொறுத்த வரை கதிர் ஆற்றலின் வெளிப்பாட்டிற்கும் காணக்கூடிய ஒளியின் வெளிப்பாட்டிற்கும் ஓர் எளிய விகிதம் உள்ளது. அதாவது, ஓர் அண்டம் மற்றொரு அண்டத்தைப் போல் x மடங்குகள் காணக்கூடிய ஒளியை வெளிப்படுத்தினால் இவ்வண்டம் மற்றொரு அண்டத்தைப் போல் x மடங்குகள் கதிர் அலைகளை வெளிப்படுத்தும். இவை இரண்டும் ஒரே அளவில் இருக்கும். இந்தத் தொடர்பு M_{31} (படம் XXI), M_{81} (XXIV), M_{63} (XLVII) இவைகளுக்குப் பொருந்தும்.

இரண்டு வகை விண்மீன்கள் (The two types of stars)

இப்பொழுது சில நேரமாகச் சுற்றிவந்த புதிய முக்கியமான கருத்துகளை ஆராய்வோம் முக்கியமான கருத்தை வெகுவிரிவாகச் கொடுத்து விடலாம். நீள்வட்ட அண்டங்களிலுள்ள விண்மீன்களும் சுருள்களின் அணுக் கருக்களில் உள்ள விண்மீன்களும் உருண்டைக் கொத்துகளிலுள்ள விண்மீன்களைப் போல் பழைய விண்மீன்களாகும் இதற்கு மாறாக மிகவும் பிரகாசமான நீலப் பெருமீன்களும் மீப்பெரு மீன்களும் இளமையான விண்மீன்களாகும். இளமையான விண்மீன்கள் சுருள்களின் கிளைகளில் தான் காணப்படுகின்றன.

பாடே என்பவரின் இந்தக் கண்டுபிடிப்பு ஒரு தீவிர இடரை நீக்கியது. 1944-ஆம் ஆண்டு வரை அருகாமையிலுள்ள ஆண்ட்ரோமீடா நெபுலாவின் அணுக் கருவிலுள்ள தனிப்பட்ட விண்மீன்களைக் கண்டுபிடிப்பது கூடச் சாத்தியமற்றதாக இருந்தது. ஆனால், சுருள் கிளைகளிலுள்ள தனிப்பட்ட விண்மீன்களை ஹப்பிள் என்பவர் ஏராளமாகக் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். இது ஒரு விந்தையான நிலையாகும். ஏனென்றால், குறிப்பாக M_{31}-ன் ஒளி பெரும்பாலும் அணுக்கருவிலிருந்து வருகிறது.

1944-ஆம் ஆண்டு ஒரு புதிய ஒளிப்படத் தகட்டைக்கொண்டு சிவப்பு ஒளியை உணரக்கூடிய தகட்டைக்கொண்டு பாடே என்பவர் M_{31}-ன் அணுக் கருவிலுள்ள தனி விண்மீன்களைக் கண்டு

பிடித்ததும் புதிர்மானம் அணுக் கருவிலுள்ள விண்மீன்களுக்கும் சுருள் கிளைகளில் உள்ள விண்மீன்களுக்கும் உள்ள மாறுபாட்டில் தான் இருக்கின்றது என்பது தெளிவாயிற்று. இவைகளின் வித்தியாசத்தை வலியுறுத்தும் பொருட்டுப் பாடே என்பவர் பின்னே, உள்ள விண்மீன்களை I வகை விண்மீன்கள் என்றும் முன்னே உள்ள விண்மீன்களை II வகை விண்மீன்கள் என்றும் குறித்தார். நீள்வட்ட அண்டங்கள், உருண்டைக் கொத்துகள், சுருள் அண்டங்களின் அணுக் கருக்கள் இவை II வகை விண்மீன்களைச் சேர்ந்தவை. சுருள் அண்டங்களின் கிளைகளிலுள்ள விண்மீன்கள் I வகையைச் சேர்ந்தனவாகும்.

இந்த நிலையைப்பற்றிய முழுத் தகவல்களையும் படம் 16-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள உருண்டைக் கொத்துகளிலுள்ள விண்மீன் களின் வளர்ச்சியைப்பற்றிய திட்டத்தைப் பார்த்து அறிந்து கொள்ளலாம். நீள்வட்ட அண்டங்களின் விண்மீன்களும் சுருள் களின் அணுக் கருக்களும் கிட்டத்தட்ட இதே வளர்ச்சி வரிசையை உடையனவாகும். M_{31}-ல் உள்ள மிகத் தொலைவான நிலையில் பாடே என்பவரால் அணுக் கருவிலுள்ள விண்மீன்களில் காணப்பட்டவை படம் 16-ல் உள்ள C என்ற புள்ளிக்கருகே உள்ள பெரும் தொகுதியில் மேற்பகுதியில் உள்ளனவாகும். இதற்கு மாறாக ஹப்பின் இதற்கு முன்பே M_{31}-ன் சுருள் கிளைகளில் முக்கிய வரிசையில் நீலப் பெருமீன்களின் எல்லையிலும், மீப்பெரு மீன்களின் எல்லையிலுமாக உயரே உள்ள விண்மீன்களைக் கண்டு பிடித்தார். இவை மிகவும் பிரகாசமான விண்மீன்களாகும். இவை படம் 16-ல் C-ல் உள்ள விண்மீன்களைவிட மிக வெளிச்ச மானவையாகும்.

M_{31}-ல் அணுக் கருவிலுள்ள விண்மீன்கள் உருண்டைக் கொத்துக்களின் விண்மீன்களைப் போலவே அதே வரிசையில் இருக்கின்றன என்பதை M_{31} வரிசையில் ஒரு நுனியையாவது ஆராய்ந்து எப்படி முடிவு கூறலாம் என்று சந்தேகிக்கலாம். இதற்கு ஒருவகை விடையாவது, பாடே என்பவர் M_{31}-ல் அணுக் கருக்களில் உள்ள விண்மீன்கள் தனித் தனியே அடையாளம் காணப்பட்டு விட்டால், அப்பொழுது உருண்டைக் கொத்துகளி லுள்ள விண்மீன்களும் M_{31}-ல் உள்ளனவையே என்று தெளிவாகி விடுகிறது. M_{31}-ல் அணுக் கருவிலுள்ள கண்டுபிடிக்கப்பட்ட விண்மீன்களுக்கும் இதற்கு இணையான உருண்டைக் கொத்து களின் விண்மீன்களுக்கும் யாதொரு முக்கிய வித்தியாசமும் காணப்படவில்லை. இரண்டாவது வகை விண்மீன்களின் சரிசம மான பரவல்களைப்பற்றிய ஆதாரமான இரண்டாவது காரணம்

M_{31} மற்றும் NGC 205 இவைகளின் இரண்டு நீள்வட்ட அண்டங்களிலிருந்தும் M_{31}-ன் துணைக் கோள்களிலிருந்தும் கிடைக்கின்றன.

இந்தத் துணை அண்டங்களின் மிகப் பிரகாசமான விண்மீன்கள் பிரகாசத்திலும், நிறத்திலும் M_{31}-ன் அணுக் கருவின் விண்மீன்களின்றும் தனிப்பட்டவைகளாக இல்லை.

மூன்று உருண்டைக் கொத்துகளை உடைய ஃபோர்னக்ஸ் **(Fornak)** அண்டத்தின் நிலையும் இதேதான். ஃபோர்னக்ஸ் தொகுதியின் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட விண்மீன்கள் மூன்று உருண்டைக் கொத்துகளுடன் மிக நெருங்கிய ஒற்றுமையுடையனவாக இருக்கின்றன. இந்த ஒற்றுமை இப்பொழுது பூர்த்தியாகின்றது. ஏனென்றால், ஃபோர்னக்ஸ் தொகுதி ஆன்ட்ரோமீடா நெபுலாவைக் காட்டிலும் நமக்கு மிகவும் அருகில் உள்ளது. ஆகையினால், இதன் மிக மங்கலான சுய ஒளியை உடைய விண்மீன்களைக்கூடக் கண்டுபிடித்து விடலாம். வளர்ச்சி அடையும் விண்மீன் தொகுதிகளைக் கண்டுபிடித்து விடலாம் M_{31}-ல் உள்ளபடி ஒரு முனையை மட்டும் அல்லாமல்.

பெரிய மெகல்லனிக் மேகம் பெரும்பாலும் வகை I விண்மீன்களையே கொண்டதாக இருக்கின்றது. ஆனால், சிறிய மேகம் **(Small cloud)** வகை I, வகை II விண்மீன்களைக் கொண்டதாகும், சிறிய மேகம் உருண்டைக் கொத்துக்களையும் உடையது. ஆகையினால், இது உருண்டைக் கொத்துக்களிலும் அண்டங்களிலும் உள்ள வகை II விண்மீன்களை ஆராய்வதற்குப் பயன்படும். சிறிய மேகம் போதிய அளவு அருகே இருப்பதினால் இரண்டு தொகுதிகளும் முக்கிய வரிசையோடு சேரும்வரை இவைகளைக் கண்டுபிடிக்க முடியும். அதாவது, படம் 16-ல் A என்ற புள்ளிவரை நம்முடைய அண்டத்திலுள்ள அணுக் கருவின் விண்மீன்களை ஆராய்ந்தால் இன்னும் விரிவான தகவல்கள் கிடைக்கும். இது மிகவும் திறமையான காரியமாகும். ஏனென்றால், அண்டத்தின் நடுப்பகுதியை தூசு மேகங்களின் மூலம் பார்க்கவேண்டும். பாடே என்ற அனுபவம் வாய்ந்த காட்சியாளரின் கருத்துப்படி இவ்வாராய்ச்சியில் உள்ள செய்முறை இடர்ப்பாடுகள் சமாளிக்கக் கூடியவை ஆகும்.

இதுவரை நாம் கொடுத்த வாதத்திலிருந்து, விண்மீன்களின் இரண்டு வகைகள் உள்ளன என்பது புலப்படுகின்றது. அதாவது, சுருள் அண்டங்களின் கிளைகளைச் சேர்ந்த வகை I விண்மீன்களும், நீள்வட்ட அண்டங்கள், உருண்டைக் கொத்துக்கள், மற்றும்

கரும் அண்டங்களின் அணுக் கருக்களைச் சேர்ந்த வகை II விண்மீன்களும் ஆகும். விண்மீன் தொகையின் இவ்வகைப் பாகுபாடு எந்தப் பொதுவான அடிப்படையைக் கொண்டது?

இதில் சிறப்பான குறிப்பு யாதெனில், வகை II ஐச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் பழமையானவை; முன்னொரு அத்தியாயத்தில் நாம் அண்டத்தின் உருண்டைக் கொத்துக்கள் 4,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு மேலும் 8,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குக் குறைவாயும் உள்ள வயதுடையது என்பதைப் பார்த்தோம். 5 அல்லது 6 ஆயிர மில்லியன் ஆண்டுகள் கிட்டத் தட்டப் பொருத்தமானதாகும். இவ்வகை II விண்மீன்கள் உருண்டைக் கொத்துக்களோடு பொதுவான ஒத்த தன்மை உடையனவாக இருப்பதினால் இவை எல்லாம் ஒப்பிடக்கூடிய பழமையை உடையனவாகும் என்று நம்பலாம். ஆனால், வகை I விண்மீன்களெல்லாம் பழமையானவை என்று சொல்ல முடியாது. வகை I விண்மீன்கள் பலவகை வயதுகளை உடையனவாகும். ஞாயிற்றைப்போன்று கிட்டத்தட்ட வகை II விண்மீன்களின் வயதாகிய 4,000 மில்லியன் ஆண்டுகளிலிருந்து குறுகிய வரிசையில் உள்ளதும் சில மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குள்ளாகவே வயதை உடையனவாயும் உள்ளன.

வகை I விண்மீன்கள் ஏன் வயதானவைகளாகவும் இளமை யானவைகளாகவும் இருக்கின்றன என்பதின் காரணம் தெளிவாக இருக்கின்றது. சுருள் அண்டங்களின் கிளைகள் புதிய விண்மீன்கள் ஆக்கத்திற்குத் தேவையான வாயு, தூசு, மேகங்களை உடையனவாகும். இந்த மேகங்களிலிருந்துதான் சுருள் கிளைகளில் நாம் காணும் மிக வெளிச்சமான விண்மீன்கள் சமீபத்தில் தோன்றியிருக்க வேண்டும். இதற்கு மாறாக நீள்வட்ட அண்டங்களும், உருண்டைக் கொத்துக்களும், சுருள்களின் அணுக் கருக்களும் தூசு வாயு இவைகளை உடையனவல்ல. ஆகையினாலும் புது விண்மீன்கள் அங்குத் தோன்றுவதில்லை.

ஒரு முக்கியமானதும் சிறப்பானதுமான முடிவு யாதெனில், சுருள்களின் அணுக்கருக்களின் வாயு அமைப்புகளின் முடிவு நீள்வட்ட அண்டங்களிலும் உருண்டைக் கொத்துகளிலும் இவைகளின் ஆரம்ப காலத்திலேயே முடிவடைந்திருக்க வேண்டும், வாயுக்கள் வகை II விண்மீன்களை உருவாக்குவதற்கு முதலிலேயே போதிய அளவு இருந்திருக்கவேண்டும். ஆனால், இவை இந்த வகை II விண்மீன்கள் உருவாக்கப்பட்ட பிறகு அதிக அளவில் இல்லை. இதிலிருந்து ஓர் அண்டத்தின் சரித்திர ரீதியாக முன்

காலத்தில் விண் ஆக்கத்திற்கான ஒரு சம்பவம் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். ஓர் அண்டத்தின் முந்தின நிலையில் எல்லாப் பொருளும் வாயுவாக இருந்திருக்க வேண்டும். ஆனால், இந்த வாயு விண்மீன்களாகப் படிப்படியாகக் குளிர்வடைய வில்லை. இதற்குப் பதில் மொத்த விண்மீன்களும் ஒரே முறையில் உற்பத்தியாக்கப் பட்டிருக்க வேண்டும். நம்முடைய அண்டத்தைப் போலவோ அல்லது ஆன்ட்ரோமீடா நெபுலாவைப் போலவோ உள்ள ஓர் அண்டத்தில் இந்த மொத்த வகையான முறை உருவாக இருக்கும் விண்மீன்களை மட்டுமன்றி உருண்டைக் கொத்துக்களின் விண்மீன்களையும் மொத்தத் தொகுதியையும் சுற்றியுள்ள பெரிய வளையத்திலுள்ள விண்மீன்களையும் ஆக்கியிருக்க வேண்டும். நம் அண்டத்தின் வளையத்திலுள்ள விண்மீன்கள் வகை II விண்மீன்களைச் சேர்ந்ததாகும். (படம் 26 பார்க்கவும்)

தனிமங்களின் உற்பத்தியைப் பற்றிய மேலும் சில நகலல்கள் (More about the origin of the elements)

இந்த இரண்டு வகை விண்மீன்களுக்கும் இன்னொரு வித்தியாசம் இருக்கிறது. இதைக் கொண்டு இவைகளை அறியலாம். வகை I விண்மீன்கள் உலோக அணுக்களை அதிக அளவில் உடையனவாகும். வகை II விண்மீன்களைக் காட்டிலும் அதிக அளவாகும். இந்த வித்தியாசத்தை முதலில் ஷ்வார்ஸ்சைல்டு (Schwarzschild) என்பவரும் ஸ்பிட்சர் (Spitzer) என்பவரும் கண்டு பிடித்தார்கள். இவர்களின் காட்சி-ஆய்வு க்ரீன்ஸ்டைன் என்பவரால் மேலும் விரிவாக்கப்பட்டது. இவர் இந்த உலோக வித்தியாசம் 20 மடங்குவரை இருக்கலாம் என்று கண்டுபிடித்தார். ஞாயிறு வகை I விண்மீனைச் சேர்ந்ததாகவும் இதன் பொருண்மையில் $\frac{1}{2}$ சதவீதம் உலோகமாகவும் இருக்கின்றது. வகை II விண்மீன்களில் உலோக இருப்பு 1 சதவீதத்தில் $\frac{1}{10}$ பகுதியாகும் என்று க்ரீன்ஸ்டைன் உணர்ந்தார்.

இதை நிரூபிக்க நம் அண்டத்தில் அருகில் உள்ள விண்மீன்களை ஆராய்ந்தால் போதும். வளையத்திலுள்ள விண்மீன்கள் சில சமயம் அண்டத்தின் தகட்டின் வழியே செல்லும் சுற்றுப் பாதைகளில் இயங்குகின்றன. இம்மாதிரியான விண்மீன்களில் சில ஞாயிற்றின் அருகில் உள்ள தகட்டின் பகுதியினுள் தற்போது மூழ்கி வரலாம். இந்த வளையத்திலிருந்து வரும் வருநர்களை (visitors) இவைகள் அதிக வேகத்தோடு இயங்குவதைப் பார்த்துக் கண்டுபிடித்து விடலாம். அண்டத்தின் மையத்தைச் சுற்றிவரும் இவைகளின் சுற்றுப்பாதை ஒரு வகையிலும் ஞாயிற்றின் சுற்றுப் பாதையைப் போலவோ, அல்லது அண்டத்தின் தகட்டைச்

சேர்ந்த இரு விண்மீன்களின் சுற்றுப்பாதையைப் போலவோ அல்ல. ஆகையினால், வளையத்தின் விண்மீன்களின் வேகத்திற்கும், ஞாயிற்றின் வேகத்திற்கும் உள்ள வித்தியாசம் சாதாரணமாக மிகவும் அதிகமாக இருக்கும். இந்த வருநர்களை இவ்வாறு கண்டு பிடித்தால் மேற்சொன்னபடி இவை குறைந்த உலோக இருப்பை உடையனவாகும் என்று தெரிந்தது.

இந்தக் கணிசமான உலோக இருப்பின் வித்தியாசம் அத்தியாயம் 12-ல் கொடுக்கப்பட்ட வாதத்தின் ரீதியாக எளிதாகப் புரிந்து கொள்ளலாம். ஹைட்ரஜனைத் தவிர ஏனைய தனிமங்கள் வளர்ச்சி அடையும் விண்மீன்களின் உட்புறத்தில் ஏற்படும் அணு விளைவுகளினால் உருவாக்கப்படுகின்றன என்பதைப் பார்த்தோம். இத்தனிமங்கள் தொடர்ச்சியாக வெடிக்கும் விண்மீன்களால் விண்மீன்களின் வாயுவினுள் தள்ளப்படுகின்றன. இந்த ஆக்க, வழங்குதல் முறை நன்றாக நிலைப்பதற்கு முன் உருவாக்கப்பட்ட விண்மீன்கள் மிகக்குறைந்த அளவில் கனத்தனிமங்களை (heavy elements) உடையனவாகும். இதற்குப் பிறகு உற்பத்தியான விண்மீன்கள் படிப்படியாக அதிக அளவில் இவைகளை உடையன வாகும். ஆகையினால் ஒரு விண்மீனின் கனத்தனிம இருப்பைக் கொண்டு அதன் வயதை நிர்ணயித்துவிடலாம். பழைய விண் மீன்கள் இவைகளை மிகக் குறைவாயும், புதிய விண்மீன்கள் (இளமையான) இவைகளை அதிகமாயும் உடையனவாகும். (கிட்டத்தட்ட 1 சதவீதத்தில் உலோகத்தில் இவை காணப் படும்.)

விண்மீன்களில் கனத்தனிமங்கள் மாறுபடுவது எதனால் என்பதை நாம் இப்பொழுது ஆராய்ந்ததிலிருந்து மிகவும் பழைய விண்மீன்களிலிருந்து மிகவும் இளமையான விண்மீன்கள் வரை தொடர்ச்சியாக மாறுபடவேண்டும் என்பது புலப்படுகிறது. ஆகையினால், கனத்தனிமங்கள் குறைந்த அளவில் உடையன, கனத்தனிமங்கள் நிறைந்த அளவில் உடையன என்று இரண்டு வகைகளாக மட்டும் விண்மீன்களைப் பிரித்துவிட முடியாது. இது காட்சி-ஆய்வைப் பொறுத்தவரை பொருத்தமாகவே இருக்கிறது. நம் அண்டத்தின் தகட்டில் உண்மையாகவே வசிக்கும் விண்மீன் களுள், சாதாரணமாக உள்ள வகை I விண்மீன்களோடு, வகை I க்கும் வகை II க்கும் இடையே உள்ள ஒரு விண்மீன் வகை இருக்கின்றது. சாதாரண வகை I விண்மீன்களைச் 'சுருள்கிளை'க் கூட்டமென்றும் நடுத்தர விண்மீன்களைத் 'தகட்டுக் கூட்டம்' என்றும் அழைக்கின்றோம். தகட்டுக் கூட்டத்தின் உலோக இருப்புச் சுருள்கிளைக் கூட்டத்தின் உலோக இருப்பில் மூன்றில்

ஒரு பகுதியாகும். தகட்டுக் கூட்டம் சுருள்கிளைக் கூட்டத்தைக் காட்டிலும் குறைந்த உலோக இருப்போடு குறிப்பிட்ட ஏனைய தன்மைகளையும் உடையனவாகும். சுருள்கிளைக் கூட்டத்தைக் காட்டிலும் இரட்டை விண்மீன்கள் இவற்றுள் மிகக் குறைவாகும். இதை ஏற்கெனவே J. H. ஊர்ட் (J. H. Oort)) என்பவர் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்பே குறிப்பிட்டிருக்கிறார்.

தகட்டு விண்மீன் தொகையைப் பற்றி நாம் எப்படிக் குறிப்பிடுவது. இவைகளை வகை I விண்மீன்கள் என்று குறிப்பிடுவதா? அல்லது வகை II விண்மீன்கள் என்று குறிப்பிடுவதா? இதற்கு யாதொரு உறுதியான விடையும் ஏற்றுக் கொள்ளப்படவில்லை. தகட்டு விண்மீன் தொகையின் தன்மைகள் வயது உருவமைப்பு ஆகிய தன்மைகள் இவைகளை வகை II விண்மீன்களாகக் கருதச்செய்கின்றன. இவை ஞாயிற்றைவிட வயதானவை. இவைகள் குறைந்த உலோக அளவை உடையனவாகையால் இவ்வாறு தோன்றுகின்றன. இருப்பினும் அண்டத்தின் வெளிப்புறத்தில் இவைகளின் நிலையைப் பார்க்கின் அதாவது அண்டத் தகட்டில், வகை II விண்மீன்கள் சுருள் அண்டங்களின் கருக்களையும் இவைகளின் வளையத்தையும் சேர்ந்தவை என்பதற்கு மாறாக இருக்கின்றன.

இவை நீள்வட்ட அண்டங்களையும் உருண்டைக் கொத்துகளையும் சேர்ந்தவை என்ற உண்மைக்கு மாறுபட்டவையாகவும் இருக்கின்றன. வகை I விண்மீன்கள் சுருள்களின் தகட்டைச் சேர்ந்தவை. இந்த மாறுபாடுகளினால் இவைகளை வானநூல் அறிஞர்கள் சிலர் 'நடுத்தரமானவை' என்றும் 'பிற்கால' வகை II விண்மீன்கள் என்றும் அல்லது 'தகட்டு' வகை II விண்மீன்கள் என்றும் குறிப்பிட்டனர்.

சுருள் அண்டங்களின் கிளைகளைப் பற்றிய குறிப்புகள் (Ramarks about the arms of the spiral galaxies)

தகட்டு விண்மீன்களில் நீலப் பெருமீன்களோ மீப்பெரு விண்மீன்களோ இல்லை. மிகவும் பிரகாசம் பொருந்திய இந்த விண்மீன்கள் வாயுவையும் தூசையும் உடைய பகுதிகளில் இருக்கும். அதாவது சுருள்கிளைகளில் இந்தப் பிரகாசம் பொருந்திய நீல விண்மீன்கள் சுருள்கிளைகளில் இருப்பதினால் தான் இக்கிளைகள் நீல ஒளிக்கு வசப்படும் தகடுகளில் நன்றாகக் காணப்படுகின்றன. (நீல ஒளிக்கு இல்லாமல்) சிவப்பு ஒளிக்கு வசப்படும் தகடுகளைப் பயன்படுத்தினால் சுருள் அமைப்புகள் பெரும்பாலும் மறைந்து விடுகின்றன. ஆகையினால், மிகவும் சிவப்பான ஒளிக்குமட்டும்

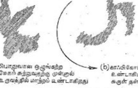
பயன்படும் கருவிகளை நாம் வைத்திருந்தால் அப்பொழுது சுருள் அமைப்புகளைப் பற்றி நாம் அறிந்திருக்கவே முடியாது என்று நினைப்பது விந்தையாகவே இருக்கின்றது. ஆகையினால், தற்போதைய அறிவு நிலை எல்லையை விட, இன்னும் அதிக அதிக தூரம் வரைக்கும் கடந்தவாறு நாம் காட்சி முறைகளை வளர்ப்படுத்த வேண்டும் என்பதை இது வலியுறுத்துகின்றது. ஒரு வேளை நம் புவியின் வளிக்கு அப்பால் செல்ல வேண்டியதாக இருக்கலாம். ஒரு செயற்கைத் துணைக்கோளில் ஒரு தொலை நோக்கியை வைப்பது வானநூலிற்கு மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும்.

மூடிய அண்டம் கொள்கைக்கட்டமைவு உடையதானால், அப்பொழுது பெரும்பாலும் ஒரு சுருள் அமைப்பு ஏன் நிச்சயமாகக் காணப்பட வேண்டும்? (மேலே 50 அண்டங்கள் இதற்கு விலக்குகளாகும்.) வெளிச்சமான விண்மீன்களின் ஒளியைச் சுருள் நிலைகள் இவ்வாறு சிறப்பாக காணப்படுவதற்குக் காரணமாயினும், இந்தப் பிரச்சினை விண்மீன்களைப் பொறுத்து ஒரு பிரச்சினை ஆகாது. இந்தப் பிரச்சினை என்னவென்றால், வாயுவும் தூசும் ஏன் சுருள் நிலையில் பிரதிபலிக்கக் காணப்பட வேண்டும் என்பதை விளக்குவதே யாகும். ஏனென்றால், வாயுவும் தூசும் எங்குச் செல்லுகின்றனவோ வெளிச்சமான விண்மீன்களும் அங்குச் செல்லுவது நிச்சயம். சுருளின் பிரச்சினை ஒரு வாயு தூசு பிரச்சினையே அன்றி, விண்மீன்களைப் பற்றிய பிரச்சினை அன்று என்பதை உணர்வது முக்கிய மாகும். ஏனென்றால், ஈர்ப்பு விசையைத் தவிர இதர விசைகளான அழுத்த விசைகள் மற்றும் காந்த விசைகள் இவைகளின் விளைவுக்கு இது இடம் கொடுக்கின்றது. சந்தேகமில்லாத இந்த நிலை இருந்தபோதிலும் வாயுவை தூசும் ஏன் சுருள்நிலைகளில் முக்கியமாகக் காணப்பட வேண்டும் என்பதற்குத் தகுந்த விளக்கம் இதுவரை கொடுக்கப்படவில்லை. ஆனாலும், நிகழக் கூடிய பல நிலைகளை நாம் ஆராயத்தான் முடியும்.

வைக்கர் (Werzsaecker) என்பவர் 'காபி—கோப்பை' (coffee–cup) என்ற கோட்பாட்டைத் தெரிவித்திருக்கிறார். கடுங்காப்பியை (பாலில்லாத காப்பியை) நன்றாகக் கலக்கிவிட்டுக் கரண்டியை வெளியே எடுத்து விட்டால், அப்பொழுது கோப்பையில் காப்பி சுற்றிவரும். கடைசியாக இதன் நடுப்புறத்தில் சற்றுப் பாலேடு போன்ற தன் நுரையில் (cream) துளிகளைச் சிறிதளவு ஊற்றினால் அப்பொழுது ஒரு விசைச்சுருள் அமைப்பு உற்பத்தி யாகும். என்ன நடக்கின்றது என்றால் கோப்பை நீரின் (liquid) வெளிப்பகுதிகளைப் பின்புறமாக இருக்கின்றது. ஆகையினால் கோப்பையைச் சுற்றிச் சற்று தேய்கின்றது. ஆனால்,

மையத்திற்கு அருகில் உள்ள நீரி இதைவிட வேகமாக சுழல்கின்றது ஆகையினால் தன் குழம்பு ஒரு சுருளாக அமைக்கப்படுகிறது. ஏனென்றால், காப்பி வெளிப்பக்கத்தில் இழுக்கப்படுகிறது.

வைசிகரின் வாதம் யாதென்றால், ஓர் அண்டம் உருவாகும் பொழுது வெளித்தகட்டை உருவாக்க உதவும் வாயு சாதாரணமாக செவ்வொழுங்காக (Symmetry) இருக்காது. இது படம் 59 (a)-ல் கொடுக்கப்பட்ட வரைபடத்தின் அமைப்புடையதாக இருக்கும். வெளிப்பகுதிகள் உட்பகுதியை விடக் குறைந்த வேகத்தில் சுற்றினால் (இது நடைமுறைக்கு ஒத்த ஊகமாகும்) அப்பொழுது காப்பிக்கோப்பை விளைவு ஏற்பட்டு வாயுவை ஒரு சுருள் அமைப்பைப் போன்று (படம் 59 (b) யைப் பார்க்கவும்) ஆக்கிவிடும். இந்த வாதத்தின் சாரம் யாதெனில், பொருள் அமைப்பை விளக்க முக்கியமான காரணம் எதுவும் கொடுக்கத் தேவையில்லை. நிகழக்கூடிய ஊகவகையில் அண்டத்தின் வெளிப் பகுதிகள் அதன் உட்பகுதிகளைவிட மெதுவாகச் சுழல்கின்றன, (அதாவது மையத்தை முற்றிலும் சுற்றிவர அதிக நேரம் எடுத்துக் கொள்ளும் என்ற வகையில்) என்பதுடன் அண்டம் உருவாகும் பொழுது தகட்டிற்கு வேண்டிய வாயுக்கள் சரியான செவ்வொழுங்குடையனவாக இரா என்ற ஊகத்தையும் சேர்த்து எடுத்துக் கொண்டால் (வானத்தில் உருவாகும் மேகங்கள் எதுவும்



(a) பொதுவான ஒழுங்கற்ற மேகம் சுற்றுவதற்கு முன்னால் உருவத்தில் மாற்றம் உண்டாகிறது

(b) காப்பிகோப்பையின் விளைவாக உண்டாகியிருக்கும் பொதுவான சுருள் தன்மை

படம் 59. காப்பிக் கோப்பை விளைவு

செவ்வொழுங்கு உடையன அல்ல.) இது அண்டங்களின் அமைப்புகளுக்கு போதிய காரணங்களாக எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

இது இப்படித்தானு என்று ஐயப்பட வேண்டும். காப்பிக் கோப்பை விளைவு உண்மையாகவே ஒரு பொதுவான சுருள் நிலையை ஏற்படுத்துகின்றது—அதாவது பாடே என்பவர் சுருள்

Mt. Wilson and Palomar Observatories

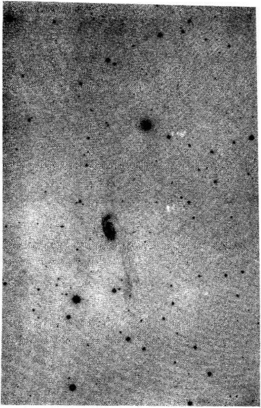
LI. NGC 5128, இது ஓர் உருண்டை அண்டமும் ஒரு சுருள் வடிவ அண்டமும் மோதுவதால் ஏற்பட்டிருக்கலாம்

இது மற்றொரு சக்தி வாய்ந்த வான் அலைகளின் கடத்தி.

Mt. Wilson and Palomar Observatories

LII. லியோ அண்டக் குழு

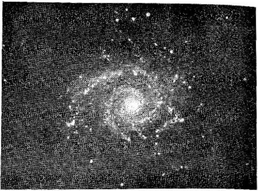
படத்தின் வலமத்தியில் உள்ள இரு அண்டங்கள் ஒன்றையொன்று உள் சார்க்கும் வகையைக் கவனிக்க.



F. Zwicky

LIII. அண்டங்களின் ஓர் இணைபாலம்

இந்த நெகடிவ் படம் சில நேரங்களில் அண்டங்களின் இடைவெளியில் காணப்படும் விண்மீன் திரள்களாகும். ஒளிப் படத்தின் மேலே நடுவில் ஓர் இணைப்புத் தெரிகிறது, கடினமான வட்ட உருவங்கள் நம் அண்டத்திலிருக்கும் விண்மீன்களே.



Mt. Wilson and Palomar Observatories

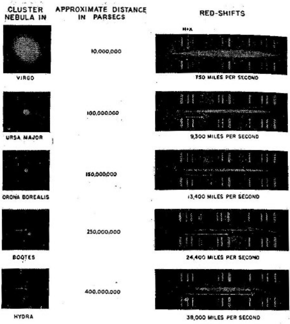
LIV. Sc சுருள் வடிவ M 74 அண்டம்

LV. NGC 7217 அண்டம், சுருள் அமைப்பிற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு

Mt. Wilson and Palomar Observatories

Mt. Wilson and Palomar Observatories

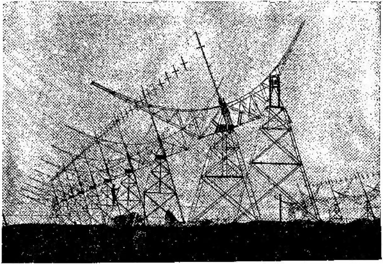
LVI. NGC 1300 அண்டம், தடுக்கப்பட்ட சுருள் வடிவத்திற்கு ஒரு சிறந்த எடுத்துக் காட்டு



Mt. Wilson and Palomar Observatories

LVII. செவ்வொளி மாற்ற விளைவு

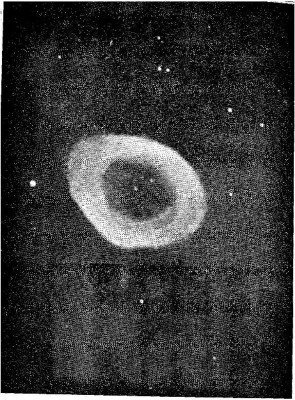
பேரண்டம் விரிவதற்கான காட்சிச் சான்றுகள். ஒரு பார்செக் என்பது 19,200,000,000,000 மைல்கள்.



LVIII. கேம்பிரிட்ஜிலுள்ள கதிர் இயக்குத் தொலைநோக்கி

M. Ryle

இக் கருவி ஓர் ஏக்கர் நிலப் பரப்பிலுள்ள காஸ்மிக் வான் கதிர் அலைகளைக் காண உதவுகிறது.
இது 3·7 மீட்டர்கள் அலை தூரத்திற்கு இயங்குகிறது.



Mt. Wilson and Palomar Observatories

LIX. வளைய நெபுலா

அண்மையில் நடந்த படிமுறை வளர்ச்சி மூலமாக ஒரு விண்மீனைச் சுற்றியுள்ள புகை மண்டலம் (ஸ்விகி, ஹூமாஸன் விண்மீன்களுக்கு அப்பாற்பட்டது). விண்மீனிலிருந்து இந்தப் புகை மண்டலம் தள்ளப்பட்டிருக்கலாம்.

சுழிமை (Spirality) என்று குறிப்பிடுவது சில அண்டங்களிற் பொதுவான சுருள்கோளிடம் சற்று அதிகமாக அமைப்புக் காணப்படுகின்றது என்பது உண்மையாகும். M_{31}, M_{51} போன்ற இவ்வகைகளில் சுருள் அமைப்பு நன்றாக இருப்பதனால், இதைத் ஒரு தற்செயலான அமைப்பாகக் கொள்ள முடியாது. இதைத் தவிர 'சொம்ப்ரேரோ தொப்பி' போன்ற (Sombraro hat) அமைப்பு கொண்ட பார்க்கும் பொழுது (படம் XXVI) இவ் அண்டத்தின் கரு அதன் சுழலிலிருந்து வளர்கின்றது என்ற கருத்தை மறுக்க முடிய வில்லை. M_{51} கிளைகள் அதன் கருவிலிருந்து சுழியாக செல்லொழுங் குடன் வளர்வதுபோல் இது வளர்கிறது. நிறங்கொண்ட கட்டுப் படுத்தும் வேறு சில முறைப் நம் பிரச்சினைக்குத் தேவையாகும் என்று தோன்றுகிறது. அண்டத்தின் கிளைகளை 'முறுக்குவதுபற்று' (winding up) சுழற்சி முக்கியமானதாகும் என்று சொல்ல வேண்டிய தில்லை. ஒரு சுருக்கும் காரப் பொருள்வளமையின் தற்செயலான உருவம் சுருள் கிளைகளின் மூலத்திலிருந்து தகுந்த அடிப்படையாகும் என்பது தெளிவாக வில்லை.

சுருள் கிளைகளின் அமைத்தைப் பற்றிய ஒவ்வொரு விளக்கங்கள் ஏராளமானவையாகும். ஆனால், இவை தோல்வியுற்ற முயற்சி களாகும். இந்தப் பிரச்சினை நம்மை எங்கலைக்கும் ஒரு பிரச்சினை யாகும். வெளிப்புற சுழற் தகடுகளை உடைய அண்டங்கள் எல்லாவற்றிலும் சுருள் கிளைகளின் உற்பத்தி ஒரு பொதுவான உண்மையாகும். இது மிகவும் பரந்த அளவில் காணப்படுவதால் ஓர் உறுதியான முறைப் படியோ அன்று நடைமுறையில் இருக்க வேண்டும் என்பது நிச்சயமாகும். இந்த முறை எவ்வாறு செயல் படுகிறது என்பதைப்பற்றிச் சிறிதளவு ஆதாரம் உடைய யாதொரு கருத்தும் கிடைக்கவில்லை—சாப்பிங் கோப்பைக் கருத்துங் கூட திருப்திகூடிய உடனுக்கியான காரணமாகுமே தவிர, முக்கிய முறையாக ஏற்றுக்கொள்ள முடியாது.

இந்தப் பிரச்சினையை ஆராய்வதில் அநேக முயற்சிகளில் தோல்வி அடைந்ததினால் ஒரு கோளின் சரியான முனையை நாம் பிடித்துக்கொள்ளவில்லை என்ற உணர்வு நமக்கு ஏற்படுகிறது. முற்றிலும் புதுமையான கருத்து ஒன்று தேவைப்படுகிறது. அண்டத்தின் காந்தப்புலங்களைப் பற்றிய அறிவு அதிகம் கிடைத் தால் நமக்குக் கிடைக்கத் தவறிய உளவு கிடைத்து விடலாம் என்பது ஒப்பான நம்பிக்கையாகும். காந்தப்புலன்கள் ஒரு முக்கிய மான பங்கை வகிக்கும் என்ற கருத்து வலுவாக இருக்கின்றது. ஆனால், காந்தப்புலன் சுருள் கிளைகளை ஏற்படுத்த எவ்வாறு உதவு கின்றது என்பது தெளிவாக வில்லை.

என்னைப் பொறுத்தவரையில் அண்டங்கள் முற்றிலும் உள்ளேயே ஏற்படாத காந்தப் புலங்களை உடையவையாகும் என்ற கருத்திற்கு ஆதரவு கொடுப்பேன்—அண்ட இடைவெளியில் பாயும் மின்சாரம் ஓர் அண்டத்தையும் மற்றொரு அண்டத்தையும் சேர்க்க உதவும். படம் LII-ல் ஓர் அண்டம் மற்றொரு அண்டத்தின் அமைப்பு முறையில் மாறுதலை ஏற்படுத்தும் ஒரு நிகழ்ச்சியைக் காணலாம். இந்த நிகழ்ச்சி மிகவும் ஒழுங்கற்ற வகையில், ஈர்ப்பினால் ஏற்படுகின்றது என்று நினைக்கப்பட்டது. ஆனால், காந்த விளைவே இதற்குக் காரணமாகும் என்பது சரியானதாக இருக்கலாம் என்று எனக்குத் தோன்றுகிறது. ஒரு சுருளின் இரண்டு அண்டங்களைச் சேர்க்கும் உதாரணங்கள் உள்ளன. படம் LII F. ஜுவிகி (F. Zuvicky) என்பவரால் காணப்பட்ட ஒரு தீவிர நிலையாக, இரண்டு அண்டங்களுக்கு மத்தியில், ஒரு பாலமாக அமையும் இணையைப் பார்க்கலாம். சுருள் கிளைகள் அண்டத்தின் காந்தப் புலனுக்கு ஒரு வெளிப்படை ஆதாரமாக இருக்குமாயின் படம் LIII-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள பாலம் ஒரு சிறப்புடைய அண்டத்தின் காந்தப் புலன் இருப்பதைக் காட்டுகின்றது என்று கருத வேண்டும். அண்டங்களைச் சேர்க்கும் இப் பாலங்கள் சுழிநிலைகளை வெளிப்படுத்தும் ஒளிப்பொருள்களாகும் என்பதற்குச் சிறிது ஆதாரம் இருக்கின்றது. இது அவைகளைக் காந்தப் புலன்களோடு இணைப்பு உள்ளதாகக் கருத ஆதாரத்தை அளிக்கின்றது.

17. அண்டங்களின் ஆக்க அமைப்பு
(The Formation of Galaxies)

மில்லியன் கணக்கில் விண்மீன்கள் (Stars by the million)

அத்தியாயம் 14-ல் கொடுக்கப்பட்ட விண்மீன் அமைப்புகளைப் பற்றிய வாதம் முற்றிலும் சுருளின் விண்மீன்களின் மூலத்தைப் பற்றியதாகும். அதாவது, வகை-I (Type I) விண்மீன்களைப் பற்றியதாகும். வகை II விண்மீன்களுக்கும் பொருந்துமாக நம் வாதத்தை விரிவு படுத்தவேண்டும். முன்பு நாம் கொடுத்த வாதங்களில் சில இந்தப் புதிய நிலையிலும் பொருத்தமாக இருக்கும். முக்கியமாக, விண்மீன்கள் ஒவ்வொன்றாகக் குவிவடையாது என்ற வாதம் இருப்பினும், ஒரு சுருளின் அணுக்கருவில் உள்ள வகை II விண்மீன்கள் அல்லது நீள்வட்ட அண்டத்திலுள்ள விண்மீன்கள் தனித்தனியாக அமைக்கப்படவில்லை. இதை எப்படி நாம் விளக்கலாம்? ஒரு சுருளின் அணுக்கரு (அல்லது நீள்வட்ட அண்டமோ) வே ஒரு பெரிய கொத்தாகும் என்று நிறுவிச் செய்யும் விடையைக் கொண்டு விளக்கலாம். ஓர் அண்டத்தின் வகை II விண்மீன்கள் அனைத்தும் ஒரு பொதுவான முறையில் ஆக்கப்பட்டவை. இந்த வகையில் ஒரே அடியில் ஓர் அண்டத்தின் வகை II விண்மீன்கள் ஏன் கிட்டத்தட்ட ஒரே வயதுகளை உடையனவாகும் என்பதையும் இவையெல்லாம் ஏன் வயது முதிர்ந்தனவாக இருக்கின்றன என்பதையும் விளக்கிவிடலாம். ஆனால், மற்றுக் கேள்விகள் பதில் அற்றனவாக இருக்கின்றன. ஏன் வகை II விண்மீன்கள் மில்லியன்கள் கணக்கிலும், வகை I விண்மீன்கள் நூற்றுக்கணக்கிலும் உற்பத்தியாகின்றன? வகை II விண்மீன்களின் உற்பத்திக்கான திடீர் மாறுபாடுகள் எதனால் ஏற்படுகின்றன?

இந்தக் கேள்விகளுக்குப் பதில் கிடைக்க இரண்டு முக்கியக் குறிப்புகளைப் பயன்படுத்தலாம். ஒரு போதும் போதிய அளவு

பொருளை உடையதானால், அது அதன் ஈர்ப்புச் சக்தியைக் கொண்டே ஒன்றாக இழுத்துப் பிடித்துக் கொள்ளும் என்பதை ஏற்கெனவே அத்தியாயம் 14-ல் பார்த்தோம். இதன் அளவை யாருடைய கொள்கைப்படி நிலையைப் பொறுத்ததாகும். கொத்தின் அதிகமானால் கருக்கள் ஏற்படுவதற்கு வேகத்தின் பொருண்மை அதிகமாக இருக்கவேண்டும். பொருண்மை அதிகமானால் வேகம் இன்னும் அதிகமான விண்மீன்கள் உருவாகும் -- அது கடைசி நிலையிலும் பொழுது.

இரண்டாவது குறிப்பும் இதே முடிவைத்தான் கொடுக்கிறது. அண்டங்கள் விரிவான வகை II விண்மீன்களைக் கொண்ட வளையங்களால் சூழப்பட்டது என்று பார்த்தோம். இந்த வளையங்களைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் மற்ற வகை II விண்மீன்களோடு மிகப் பெரிய ஒரு முறை ஒன்றில் ஏற்பட்டிருக்கலாம். ஆகையினால் பரந்த வளையப் பகுதிகள் முற்றிலும் விண்மீன் ஆக்கம் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். அண்டத்தைச் சுற்றியுள்ள வளைவு அண்டத்தின் பரிமாணத்தைப்போல் இரண்டு அல்லது மூன்று மடங்குகளாகும் என்பதை நினைவில் வைத்தால், முதலிலிருந்த வாயுமேகம் மொத்த அண்டத்தையும் உடையதாகும் என்பது தெளிவாகிறது. அண்டங்களின் மூலம் வகை II விண்மீன்களின் ஆக்கத்தோடு மிக நெருங்கிய தொடர்புடையதாகும் என்பது புலப்படுகிறது. இது நாம் மேலும் ஆராய ஒரு திட்டத்தைக் கொடுக்கிறது. எப்படி ஒரு பெரிய வாயுமேகத்திலிருந்து அண்டம் வளர்ச்சி அடைவது வகை II விண்மீன்களின் ஆக்கத்தோடு தொடர்புடையதாக இருக்கலாம் என்பதை இப்பொழுது நாம் பரிசீலனை செய்ய வேண்டும்.

சிறப்புடைய அண்டமேகங்கள் (Supragalactic clouds)

சிறப்புடைய அண்ட மேகங்களின் பொருளின் அடர்த்தியைப் பற்றியும், வெப்பநிலையைப் பற்றியும் முதலில் வரையறுப்போம். அடர்த்தியை எளிதாக விளக்கிவிடலாம், நம்முடைய இடம் சார்ந்த கூட்டத்தைச் சேர்ந்த அண்டங்களின் சராசரி அடர்த்தி எவ்வாறு என்பதைப் பற்றிய திட்டத்தட்ட சரியாகத் தெரியும். தண்ணீரின் அடர்த்தியில் இது ஒரு மில்லியன், மில்லியன், மில்லியன் மில்லியன் மில்லியனில் 60 பகுதிகள் ஆகும், இந்த அடர்த்தியை உடைய ஒரு பொருளிலிருந்துதான் நம் இடம் சார்ந்த கூட்டத்தின் அண்டங்கள் குளிர்வடைந்திருக்கவேண்டும். இன்னும் அதிகத்தொலைவில் உள்ள அண்டங்கள் இடம் சார்ந்த கூட்டத்தைப் போலவே இருப்பதினால், பொதுவாக அண்டங்

எல்லாம் இந்த அடர்த்தியிலிருந்துதான் குவிந்தடைந்திருக்க வேண்டும் என்று கொள்வது பொருத்தமாகும்.

மேகம் எல்லா வெப்பநிலையை உடையதாக இருக்கலாம் என்று தீர்மானிப்பது இன்னும் கடினமாகும். மிக அதிகமான விண்மீன் தொகுதியின் உருவாக்க மிகவும் அதிக வெப்பநிலை தேவைப்படும். இதற்கு முதலில் தூசுகள் இருக்கக்கூடாது. தூசுகள் இருந்தால், கூட்டணுக்கள் உருவாகும். இக்கூட்டணுக்கள் மேகத்தைப் படிப்படி குறைந்த வெப்பநிலையை ஏற்படுத்தும். எப்படி அண்டத்தின் சுருள்கிளைகளில் (படம் XI) உள்ள சிறிய விண்மீன் மேகத்திலும் கூட்டணுக்கள் குறைந்த வெப்பநிலையை ஏற்படுத்துகின்றனவோ, அதே போன்றுதான் இப்பொழுது ஏற்படும். இது தொல்லையான ஒரு நிலைப்பாடாகாது. மேலும் சொல்லப்போனால், தூசுகள் முதலில் இருந்தால் மிகவும் ஆச்சரியப்பட வேண்டியதாகும். ஏனென்றால், தூசுகள் வாயுவிலிருந்து சுருங்கியதால் தானாகவே உற்பத்தியாக்கப்படாது இப்பொழுதுள்ள நிறைந்த அடர்த்திகளில். அதேசமயம் விண்மீன்களிலும் தூசுகள் உற்பத்தியாக்கப்படாது. ஏனென்றால், முதலில் ஒரு விண்மீனும் இருக்கவில்லை. ஆகையினால் நம் சிறப்புடைய அண்ட மேகங்களில் ஹைட்ரஜன் அணுக்களே முக்கிய இருப்புப் பொருளாகக் கொள்ளலாம்.

அணுக்களாக உள்ள ஹைட்ரஜன் கதிர்வீசத்தின் மூலம் அதிக ஆற்றலை இழக்க முடிவதில்லை—வெப்பநிலை 10,000 டிகிரிகள் செண்டிகிரேட் அளவிற்கு மேல் அதிகரித்தாலன்றி. ஆனால், 10,000 டிகிரிகளுக்கு மேல், வாயுவின் துகள்களிடையே ஏற்படும் மோதல்களினால் அதிர்விக்கும் அணுக்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றிவிடும். அப்பொழுது ஹைட்ரஜனின் கதிர்வீசுந்திறன் மிகவும் வலுவாகிவிடும்.

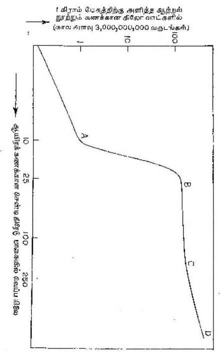
அண்டங்களின் மொத்தத் தொகுதிகளும் உருவாக உதவும் பெரிய மேகங்கள், ஈர்ப்புப்புலக் காரணமாக வெளியில் பாட்ட அதிக ஆற்றலினால் சுருக்கமடைகின்றன. இந்த ஆற்றல் வாயுவை வெப்பப்படுத்துகின்றது. வாயுவின் வெப்பநிலை எவ்வளவு அதிகமாகிறது என்பது ஓர் அளவு ஆற்றல் வழங்கப்படும் விகிதத்தைப் பொறுத்தும், ஓர் அளவு ஹைட்ரஜனின் கதிர்வீசுந்தன்மையைப் பொறுத்துமிருக்கின்றது. இந்த விளைவுகளை விளக்கக்கூடிய சிறந்தமுறை படம் 50-ல் கொடுக்கப்பட்ட வரைகோட்டு மூலம் ஆகும். 10,000 முதல் 25,000 டிகிரிகள் வரை உள்ள வெப்பநிலைகளில் ஆற்றல் தேவைப்பாடு மிகச்சீராக அதிகரிக்கும். இத்தகைய சீரான அதிகரிப்பு, முக்கியமாக ஹைட்ரஜன் 10,000 டிகிரி

களுக்கு மேல் வெப்பப்படுத்தப்படும் போது வலுவாக வெளிப்படும் கதிரியக்கத்தினுலாகும். வெப்பநிலையை 25,000 டிகிரிகளிலிருந்து 100,000 டிகிரிகளுக்கு அதிகரிக்க அதிக ஆற்றல் (ஒப்பிடக் கூடிய அளவில்) தேவையில்லை. ஆனால், பல மில்லியன்கள் டிகிரிகளளவில் வெப்பநிலைகளை ஏற்படுத்தத் தேவைப்படும் ஆற்றல் கருதத்தக்க அளவு அதிகமாகும்.

படம் 60-ல் கொடுக்கப்பட்ட ஆற்றல் அளவுமுறை சிறப்புடைய அண்டமேகம் குளிர்வதற்கு எவ்வளவு நேரம் எடுத்துக் கொள்கிறது என்பதைப் பொறுத்திருக்கிறது. இதை 3,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் என்று வைத்தால் படம் 60-ல் கொடுக்கப்பட்ட ஆற்றல் அளவு, மேகத்தின் பொருளில் ஒவ்வொரு கிராமுக்கும் 100 கிலோவாட்டுகளாகும்.[1] ஒரு மாதிரி மேகத்திற்கு இது மொத்தத்தில் 1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 ஆல் பயன்படுத்தப்படும் ஆற்றல், அதன் மொத்த வாழ்நாட்களுக்கும் 300,000,000,000,000,000,000 கிலோவாட்டுகள் மட்டும் ஆகும்.

முதல் வெப்பநிலை 10,000 டிகிரிகளுக்குக் கீழ் இருக்கும்படி ஆற்றல் நிலை அவ்வளவு குறைவாக இருக்காது. இதேபோல் வெப்ப நிலையும் 1 மில்லியன் டிகிரிகளுக்குமேல் இருக்க முடியாது. ஏனென்றால், ஆற்றல் இப்பொழுது கிடைக்கக் கூடாத அளவு அதிகமாகத் தேவைப்படும். 10,000 டிகிரிகளிலிருந்து, 1 மில்லியன் டிகிரிகள் வரை உள்ள எல்லா வெப்பநிலைகளும் சம நிகழ்ச்சியாக இருக்காது. 25,000 முதல் 150,000 டிகிரிகள் வரை உள்ள எல்லை, படம் 60-ல் B முதல் C வரை உள்ள எல்லையாகும். நிகழக்கூடாத வகையான எல்லையாகும். ஏனென்றால், ஆற்றல், வளை கோட்டின் இப்பகுதியில் உள்ள வெப்பநிலைகளுக்குரிய வகையில் இந்தக் குறுகிய பட்டையில் குறைவது பெரும்பாலும் நிகழாது. நிகழ்ச்சிக்குப் பொருத்தமான வெப்ப நிலைகள் இரண்டு எல்லைகளுக்குள்ளிருக்கும். ஒன்று 10,000 முதல் 25,000 டிகிரிகளுக்குள்ளிருக்கும். மற்றொன்று 150,000 முதல் சுமார் 1 மில்லியன் டிகிரிகளுக்குள்ளிருக்கும். கீழ் எல்லையான 10,000 முதல் 25,000 டிகிரிகள் வரை உள்ள எல்லையிலிருந்து தொடங்கி இரண்டு வகைகளைப் பற்றியும் தனியாக ஆராய்வோம்.

[1] இந்த ஆற்றல் அலகைக் கிலோவாட்-நொடி (kilowatt-second) என்று எழுத வேண்டும்; கிலோவாட் என்றல்ல.



படம் 60. ...உடைய அண்டமேகத்தின் வெப்பநிலை முறையில் கிடைக்கும் சார்பு ஆற்றலைக் காட்டுகிறது

நடுத்தரப் பரிமாணத்தைக் கொண்ட அண்டங்களாகச் சிதைவுறுதல் (Fragmentation into galaxies of a moderate size)

தன்னுடைய ஈர்ப்பினாலேயே குளிர்வுறும் ஒரு சிறப்புடைய அண்ட மேகத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். இதில் உட்புற வெப்ப நிலை முதலில் 10,000 முதல், 25,000 டிகிரிகளுக்குள் இருப்பதாக வைப்போம். குளிர்வினால் ஏற்படும் அடர்த்தியின் அதிகரிப்பு ஹைட்ரஜனின் கதிரியக்கத்திறனை அதிகரிக்கின்றது. இது மேகத்தின் சுருங்கலினால் ஏற்படும் ஆற்றல் வெளிப்பாடு இருந்த போதிலும் வெப்ப நிலையைக் குறைக்கின்றது. முடிவில் இது 10,000 டிகிரிகளுக்குக் குறைகிறது. இதற்குப் பிறகு வெப்பநிலை மேகம் தொடர்ச்சியாக சுருங்கும் பொழுதும் 10,000 டிகிரிகளிலேயே சம நிலையில் இருக்கின்றது.

(a) வெப்பத்திற்குரிய அளவு (b) வளியியக்க அளவு

வெப்ப இயக்கம் (Thermal motion) வளி இயக்கம் சார்ந்த இயற்பியல் ரீதியான இயக்கம் (Aero dynamic motion)

படம் 61. உண்மை நிலையில் (a)-யும் (b)-யும் ஒன்றன்மேல் ஒன்றாக அடுக்கப்படும்

இத்தகவலை வைத்து நாம் மிகவும் பொருத்தமான கணக்கீடுகளைச் செய்யலாம். அணுத் துகள்களின் தற்செயலான வெப்ப இயக்கங்களில் (படம் 61a) ஈர்ப்பினால் வெளிப்படும் ஆற்றலில் எவ்வளவு பகுதி இதனுள் செல்லும் என்பதை நிர்ணயித்து விடலாம். மேலும் மேகங்களினுள் ஏற்படும் வளி இயக்கம் சார்ந்த இயற்பியல் ரீதியான பொது இயக்கத்தில் எவ்வளவு ஆற்றல் செல்லுகின்றது என்பதையும் நிர்ணயித்து விடலாம் (61 b) சுருங்கும் மேகத்தில் எவ்வளவு பொருள் இருக்கின்றது என்பதைப் பொறுத்திருக்கும். இதற்கான விடை, ஞாயிற்றைவிட 10,000 மில்லியன் மடங்குகளான பொருண்மைக்கு மிதமான சுருங்கல்

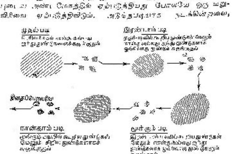
கிட்டத்தட்ட சமமான அளவில் (ஆற்றல்) வெப்ப இயக்கத்திற்கும் வளி இயக்க சீரியான இயக்கத்திற்கும் கொடுக்கின்றது. ஆனால், சுருக்கத்தக்க அளவில் அதிகமான பொருண்மைக்கு - தம் சிறப்புடைய அண்ட மேகத்தில் பொருண்மையை இவ்வாறு இருப்பதாக வைக்கலாம்—வெளிப்படும் ஆற்றலில் பெரும்பாலான அளவு வளி இயக்க இயல்பார்ந்த இயக்கங்களுக்கே செல்லுகின்றது. வெப்பநிலை இயக்கங்களைப் போல் இந்த ஆற்றல் கதிரியக்கமாக மேகத்திலிருந்து வெளிப்படுவதில்லை. ஆகையினால் தம் மேகத்தில் குவிய சாலத்தின் ஈர்ப்பினால் கொடுக்கப்படும் ஆற்றலின் ஒரு சிறுபகுதியே கதிரியக்கத்தின் மூலம் இழக்கப்படும். இதன் பெரும்பகுதி வாயு இயக்கம் சார்ந்த இயல்பியாக உள்ள இயக்கங்களாக மேகத்திற்குள்ளேயே தேக்கிவைக்கப் படுகின்றது. இந்தத் தேக்கம் மேகத்தை அதிக அளவு சுருங்காமல் தடுக்கின்றது. எனினும், சுருங்கும் ஒரு வாயுமேகம் ஈர்ப்பினால் வெளியிடப்படும் ஆற்றலை போதிய அளவு இழக்காவிட்டால் சுருக்கம் நிரந்தரமாக இருக்கமுடியாது. வாயு இயக்கம் சார்ந்த இயல்பிலுள்ள இயக்கம் இதை விரிவுபடுத்தி விடும். ஆகையினால், ஒரு பெரிய வாயுமேகம் நிரந்தரமாகச் சுருங்காது என்ற முடிவை அடைகிறோம். இது தற்காலிகமாகச் சுருங்கினாலும், பிறகு விரிவடையும். அப்பொழுது ஒரு பெரிய வாயு மேகத்தில் என்ன நடக்கின்றது? விடை மிகவும் எளிது. ஒரு பெரியமேகம் மொத்தமாகச் சுருங்காது. சிறு பகுதிகளாகச் சுருங்கும். ஞாயிற்றைப்போல் 10,000 மில்லியன் மடங்கு பொருண்மையை உடைய மேகத்தின் ஒரு பகுதி ஒரு மிதமான அளவு நிரந்தரமாகச் சுருங்கும். அதாவது, அதன் முதலிலிருந்த பரிமாணத்தில் கிட்டத்தட்ட மூன்றில் ஒரு பங்கு அளவிற்கு இது சுருங்கும். ஏனெனில், இச்சுருக்கத்தில் ஈர்ப்பினால் வெளிப்படும் ஆற்றலில் கருதக்கூடிய அளவு துகள்களின் வெப்ப இயக்கத்தில் சென்று கதிரியக்கத்தின் மூலம் வெளிப்பட்டு, இந்த அமைப்பில் இழக்க நேரிடும். அப்பொழுது வளி இயக்கச் சார்புள்ள இயக்கத்தினால், முக்கியமானதாகும் மறு—விரிவும் (re-expansion) விளைவிக்கமுடியாது. மிகவும் பெரியதொரு மேகமானது மொத்தச் சுருக்கத்தினால் ஒடுபடாவிட்டாலும், சிறு தொகுதிகளாகப் பிரிந்து ஒவ்வொரு பகுதியும் மிதமாகச் சுருங்கினால், இவ்வமைப்பு ஏற்படும் என்று அறிகின்றோம். இச்சிறு அமைப்புகள் ஞாயிற்றைப்போல் 10,000 மில்லியன் மடங்குகள் பொருண்மைகளை உடையவைகளாகும். இது M_{32} (படம் XXXVII) மற்றும் M_{32} N G C 205 என்ற ஆன்ட்ரோமீடா நெபுலாவின் துணைக்கோள்கள் இவைகளின் பொருண்மைகளோடு ஒப்பிடக்கூடிய மாதிரியான ஓர் அண்டப் பொருண்மையாகும். ஆகையினால், ஒரு பெரியமேகம் பாதிப்

அண்டப் பொருண்மையை உடைய சிறு அமைப்புகளின் கூட்டங்களாகப் பிரிய வேண்டும் என்று காண்கிறோம். பெரிய மேகம் அண்டங்களின் கொத்துக்களாகச் சிதைவுறுகின்றது என்று சொல்லலாம்.

பொதுவாக, அண்டங்கள் ஏன் ஞாயிற்றை விடச் சுமார் 10,000 மடங்களவில் பொருண்மைகளை உடையனவாக உள்ளன என்பதற்கான விளக்கத்தின் ஆரம்பமாக இந்த வாதங்கள் உதவுகின்றன. தவிரவும், இதைவிட அதிகப் பொருண்மை உடைய ஒரு மேகம் ஏன் ஒரு தனிக்கூட்டுப் பொருளாக அமையாமல் ஒரு அண்டக் கொத்தாகக் குளிர்வுறுகிறது என்பதனையும் இது விளக்குகிறது. இன்னும் எவ்வளவோ நுணுக்கங்கள் இருக்கின்றன. எப்படி மிகப் பெரிய உருவங்களை உடைய அண்டங்களாகிய ஆன்ட்ரோமீடா நெபுலாவும், நம் அண்டமும் உற்பத்தியாக்கப் பட்டன என்பதையும் விளக்கவேண்டும். மிகப் பெரிய அண்டங்கள் ஞாயிற்றின் பொருண்மையைவிட 100,000 மில்லியன் மடங்குகள் பொருண்மைகளை உடையனவாகும். இது நம்முடைய தற்கால மதிப்பீட்டைவிடப் பத்து மடங்குகளாகும். இன்னொரு புறம் ஞாயிற்றைவிட 300 மில்லியன் மடங்குகளுக்கும் குறைவான பொருண்மைகளை உடைய அநேக குறு அண்டங்கள் (dwarf galaxies) உள்ளன. குறு அண்டங்கள் மேற் சொன்ன முறையில் உருவாகி இருக்க முடியாது. ஏனென்றால், தாம் தற்போது எடுத்துக் கொண்ட அடர்த்தி வெப்ப நிலை இவைகளின் அளவில் குறு அண்டங்களுக்கான பொருண்மைகளை உடைய ஒரு மேகத்தின் பாகங்கள் குளிர்வதற்குப் போதிய சுய-ஈர்ப்பு (self-gravitation) உடையனவாக இரா. ஆகையினால், நம் வாதங்கள் சில முக்கிய விஷயங்களைத் தெளிவுபடுத்திய போதிலும், அண்டங்களின் ஆக்கத்தைப்பற்றிய முழுமையானதும், முற்றிலும் தெளிவானதுமான யாதொரு விளக்கமும் கொடுக்க முடியவில்லை. பிறகு, மேகங்களை 150,000 முதல் 1 மில்லியன் டிகிரிகள் வரை உள்ள அதிக வெப்பங்களை உடைய அண்டங்களாக எடுத்துக் கொண்டால், இன்னும் பூர்த்தியான விளக்கம் கிடைக்குமா என்பதைப் பார்ப்போம். தாம் இந்த நிலைமை இன்னும் ஆராய இருப்பதினால் நம்முடைய தற்போதைய வாதங்கள் அண்டங்களின் ஆக்கத்தைப் பற்றிய முழு விளக்கத்தையும் கொடுக்காமல் இருப்பதைப் பற்றிச் சற்றும் வியப்பில்லை. உயர்ந்த வெப்ப நிலைகளின் எல்லையைப் பற்றி ஆராய்வதற்குமுன் தற்போதைய வாதங்களை வகை II விண்மீன்கள் ஆக்கப்படும் எல்லை வரை நாம் தொடர்வது பயனுள்ளதாகும்.

வகை II விண்மீன்களின் ஆக்கம் (The formation of the Type II stars)

ஞாயிற்றைப் போல் 10,000 மில்லியன் மடங்குகள் பொருண்மையை உடைய ஓர் அண்டத்தின் சுருக்கம் மிதமான அளவில் தான் ஏற்பட முடியும் என்பதைக் கணக்கிட்டுக் காண்பிக்கின் அது இந்தச் சுருக்கம் ஒரு வேளை முழுப் பகீட்டளவத்தில் மூன்றில் ஒரு பங்காக இருக்கலாம். இதற்குமேல் ஏற்படும் சுருக்கத்தில் வெளிப்படும் ஈர்ப்பு ஆற்றல் பெரும்பாலும் முற்றிலும் வாயுவளி இயக்கம் சார்ந்த இயக்கங்களில் சென்றுவிடும், வெப்ப இயக்கங்களில் அல்ல. ஆகையினால், இனி எவ்வகை இறுதிச் சுருக்கமும் ஏற்படாது — வாயுவளி இயக்கம் சார்ந்த இயக்கங்கள் முதலில் இருந்த கிறுப்புடைய அண்ட மேகத்தில் ஏற்படுத்தியது போலவே ஒரு பகுதியினை ஏற்படுத்திவிடும். அடுத்தபடியாக நடக்கின்றவை,



படம் 92. படிநிலைத் தொகுதி

முன்பு நடந்தது போலவே இருக்கும். அண்டத்தின் முதலிலுடைய மிதமான நிரந்தர சுருக்கம் காரணமாக ஏற்படும் அடர்த்தி அதிகரிப்பு அண்டத்தின் பகுதிகள் நிரந்தரமாகக் குளிர்வதற்கு உதவுகிறது. ஆகையினால், அண்டம் மொத்தமாகக் குளிர்வதற்குப் பதில் நான்கு அல்லது ஐந்து சிறு பகுதிகளாகச் சிதைவுறுகிறது. இந்தச் சிறுபகுதிகள் ஒவ்வொன்றின் அமைப்புமுறை முற்றிலும் அண்டத்தைப் போன்றதாகவே இருக்கும். இந்தச் சிறு பகுதிகள் நிரந்தரமாக ஒரு மிதமான அளவில்தான் சுருங்கும் இவ்வகையும் முறையில் இதே வளி இயக்க நிலையைத்தான் அடையும். இந்தச் சிறு பகுதிகள் ஒவ்வொன்றும் மறுபடியும் நான்கு அல்லது ஐந்து

சிறு பகுதிகளாகச் சிதைவுறும். இந்தச்சிறு பகுதிகளின் அனுபவம் முன்னேப் போலவே ஆகும்—இதே போன்று மேலும் மேலும் நடக்கும். ஆகையினல் படிப்படியான தொகுதியை நாம் கருத வேண்டும். இது படம் 62-ல் விளக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

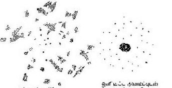
இங்கு நாம் ஒரு முக்கிய நிலையை அடைகின்றோம். படம் 62-ல் உள்ள தொகுதியில் மேற் செல்லச் செல்ல வளர்ச்சிக்காலம் குறைந்து கொண்டே போகின்றது. வளர்ச்சிக் கட்டம் (ii)-க்கு வேண்டியகாலம், வளர்ச்சிக் கட்டம் (i)-க்கு வேண்டிய காலத்தில் நான்கில் ஒரு பங்காகும். இதேபோல் (iii)-க்கு வேண்டிய காலம் (ii)-ஐப் போல் நான்கில் ஒரு பங்காகும். இதேபோல் இனி வரும் கட்டங்களாகும். ஒரு முழு வரிசை வளர்ச்சியில் (i), (ii), (iii), (iv), (v), (vi), (vii)...இவைகளுக்கான காலம் (i)-ம் வளர்ச்சிக்கு வேண்டிய அளவில் 25 சத வீதத்திற்கு மேல் இருக்காது எனலாம். ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் சிறு பகுதிகள் பொருண்மையில் குறைவும், பரிமாணத்தில் குறைவும் முன் கட்டத்தைப்போல் ஐந்தில் ஒரு பங்கு அளவில் அடையும்.

இந்தப் படி நிலைத்தொகுதி இத் துண்டுப் பகுதிகள் மிகவும் சிறியதாயும், பொருண்மை அற்றதாயும் ஆகும்வரை செல்லுமா அல்லது ஒரு குறிப்பிட்ட தடவைக்குப் பிறகு நின்றுவிடுமா ? நின்றுவிடுமென்றல், ஏன் நின்றுவிடும் ? துண்டுகளின் கதிர் இயக்க வெளிப்பாட்டில் குறைவு ஏற்பட்டால்தான் இப்படி நிலைத் தொகுதிகள் முடிவில்லாமல் செல்லும் என்று தோன்றுகிறது. ஆனல், இக் குறைவு முடிவாக ஏற்படுவதில்லை. ஏனென்றல் சீக்கிரமாகவே இத் துண்டுகளின் அடர்த்தி அடிக்கடி ஏற்படும் சுருங்கல்களினல் அதிகரித்து இவைகளை ஒளி புகாவண்ணம் ஆக்கிவிடுகின்றது. ஆகையினல் கதிரியக்கம் ஒரு துண்டின் உட்புறத்திலிருந்து வெளிக்குள் தப்பிச்செல்ல முடியாது. இந்நிலை ஒரு விண்மீனின் உட்புற நிலையைப்போன்றகும். இப்பொழுது துண்டாக்கம் முடிவடையும்.

இப்பொழுது இன்னெரு முக்கியக் கேள்வி எழுகிறது. எந்த நிலையில் இத் துண்டுகள் கதிரியக்கத்திற்குப் போதிய அளவு புகாவண்ணம் இருக்கின்றது ? அதிர்ஷ்ட வசமாக, கணக்கீடு இதற்கு ஒரு சரியான விடையை அளிக்கின்றது. முடிவாகக் கிடைக்கும் துண்டுகளின் பொருண்மைகள் கீழ்வரம்பில் ஞாயிற்றைவிட 0·3 மடங்காகவும், மேல் வரம்பில் சுமார் ஞாயிற்றைவிட 1·5 மடங்குகளாகவும் இருக்கின்றன. இதுதான் வகை II விண்மீன்களின் பொருண்மைகளுக்கு ஏற்ற எல்லையாகக் காணப்படுகின்றன. இப்

பொழுது வகை II விண்மீன்களின் ஆக்கத்திற்குரிய நிலை மாறு தலின் மூல காரணத்தைத் துருவி வந்துள்ளோம். பல ஆயிர மில்லியன்கள் அளவில் விண்மீன்கள் ஏன் ஒரே சமயத்தில் உண்டாக்கப்பட்டன என்றும், வகை II விண்மீன்கள் ஏன் குறிப் பிட்ட பொருண்மைகளை உடையனவாய் இருக்கின்றன என்பதை யும் அறிவோம்.

விண்மீன் ஆக்கத்தைப்பற்றிய தகவல்களில் ஆராய்ச்சியில் ஒரு முடிவை இன்னும் அடையவில்லை. துண்டுத் தொகுதியின் தன்மையே தளர்ச்சியான விண்மீன் தொகுதியை உருவாக்குவது. நீள்வட்ட அண்டங்கள், சுருள்களின் கருக்கள் ஆகியவை போன்ற செறிவான அமைப்புடைய பொருள்கள் உருவாக்கப்படாது. இது எந்த வகையிலும் ஒரு குறைபாடு ஆகாது. ஏனென்றால், அண்டங்களைச் சுற்றியிருக்கும் பிசுப் படிந்த விண்மீன் வகையைப் பற்றியும் நாம் ஆராயவேண்டும். அண்டங்களின் வடி வங்கள் தோன்றுவிக்கப்பட்ட பிறகு தளர்ச்சியாக இருக்கும்



படம் 58. ஓர் அண்டத்தின் இணைப்பு

தொகுதிகள் உள்ள இடமாகும் என்று நாம் இப்பொழுது கூறலாம். தளர்ச்சியான தொகுதியின் பல்வேறு உறுப்புகளின் இடையே ஏற்படும் எதிர்ப்படுதல்களின் (encounters) காரணமாக விண்மீன் களின் நடுப்புற கருக்கள் ஒன்று பட அமைக்கப்படுகின்றது. தளர்ச்சியான தொகுதிகளின் உறுப்புகள் உட்புறமாய் ஒரு பொது மையத்தை நோக்கி விழுகின்றன. இந்த நிலையில், மையத்தின் அருகில் ஏற்படும் நெருக்கமடைதல் பகுதியைத் தொகுதி உடைக்கப் பட்டு ஒரு நடுப்புற உருவாற்ற விண்மீன் கூட்டமொன்று உருவாக்கப் படுகின்றது. இதைப் படம் 63-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. கணக் கீட்டுப் பார்த்ததில் இந்த உட்புற உருவாற்ற பகுதியின் விட்டம் 1,000 பார்செக்ஸ் என்று விடை தருகிறது-இது ஆண்ட்ரோமிடா நெபுலாவின் அளவுக்கேற்றதுக்கான மிகப் பொருத்தமான

அளவாகும். படம் 63-ல் உள்ள சுருக்கப்படாத எஞ்சிய பொருளே அண்டத்தைச் சுற்றியுள்ள வளையத்தைச் சேர்ந்ததாகும்.

இன்னும் ஒன்று குறிப்பிட வேண்டியதாகும். மூலமேகத்தின் சுழற்சி ஏதாவது இருந்தால், இது உட்புற உருவற்ற பகுதி உருவாக்கப்படும் பொழுது குறிப்பாக அதிகரிப்பட வேண்டும். சுழற்சி நேர்வேகங்களும் சுழற்சி விசைகளும், ஒரு பொருள் சுருங்கும்பொழுது, அதிகரிக்கப்படும். சிறப்புடைய எல்லா அண்ட மேகங்களும் சுழற்சியுடையதாக வைக்கலாம், இது சிலவற்றில் குறைவாகவும் இருக்கலாம். ஒரு கொத்தின் ஈர்ப்புப்புலம் மற்றொரு கொத்திற்குச் சுழற்சியைத் தரலாம். இதுதான் அண்டங்களின் சுழற்சிகளுக்கு மூலகாரணங்களாக இருக்கலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட கொத்தினுள்ளேயே ஒரு அண்டத்தின் ஈர்ப்புப்புலம், மற்றொரு அண்டத்திற்குச் சிறிதளவு சுழற்சியைத் தரலாம். சுழற்சியின் விளைவுப் படம் 63-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள நடுப்புற சுருக்கத்தில் உள்ள நீள்வட்ட வடிவத்தினுல் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. தட்டையான அமைப்பு எவ்வளவு என்பது ஓர் அண்டத்திற்கும் மற்றொரு அண்டத்திற்கும் மாறுபடும்.

மிப்பெரு அண்டங்கள் (Monster galaxies)

நம் அடுத்த வேலை வெப்ப நிலைகளில் இரண்டாவது நிலையை ஆராய்வது, அதாவது உயர்ந்த வெப்ப நிலையான 150,000 முதல் 1 மில்லியன் டிகிரிகள்வரை உள்ள வெப்பநிலையை ஆராய்வது. இதில் சிறப்புடைய அண்ட மேகங்கள் மிகவும் சுருங்கிய பிறகு தான் ஹைட்ரஜனின் கதிரியக்கம் முக்கியமானதாகும். இந்த முதல் சுருக்கத்தின் பொழுது வளிசார்புள்ள இயக்கத்தில் யாதொரு முக்கிய மாறுதலும் இல்லை. ஆகையினுல் இந்த முதல் சுருக்கம் நிரந்தரமாக இருக்கும். ஒரு மில்லியன் டிகிரி வெப்ப நிலையில் இவ்வாறு சுருங்கக்கூடிய மிகச் சிறிய மேகத்தின் பொருண்மை ஞாயிற்றைப் போல் 100,000,000,000,000 மடங்குகளாகும். இந்த மதிப்பு அண்டங்களின் செழிப்பான கொத்துக்களின் பொருண்மைகளோடு ஒத்தவகையில் இருக்கின்றது.

சுருக்கம் அதிகரிக்க அடர்த்தி போகப் போகப் போதிய அளவு அதிகரித்து ஹைட்ரஜனின் கதிரியக்கத்திற்கு முக்கியத்துவம் அளிக்கின்றது. இந்த அடர்த்தி, தண்ணீரின் அடர்த்தியில் ஒரு நூறு மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் பகுதியில் ஒரு பகுதியளவில் அதிகரிக்கும்பொழுது ஏற்படுகிறது. இந்த நிலையில் மேகம் சுமார் 2 மில்லியன் பார்செக்ஸ் விட்டத்தை உடையதாகும். இந்த அடர்த்தியும் விட்ட அளவும் அண்டங்களின்

பெரியதான கொத்துக்களுடைய ஈர்ப்பு ஆற்றல்கள் விட்டம் இவைகளோடு மிகவும் பொருந்தியதாக இருப்பது குறிப்பிடத் தக்கதாகும்.

நாம் ஒரு சிறந்த நிலையை அடைகின்றோம். கதிரியக்கம் இவ்வாறு முடுக்கமும் பெற்றவுடன் வெப்பநிலை, 10,000 டிகிரி கதிர்ப்பு அளவாகக் குறைந்து விடுகின்றது. இனி, சுருக்கம் ஏற் பட்டால் பொருமளவில் துண்டுகளாக உடைந்துவிடும் முதலில் ஏற்படும் சுருக்கத்தின் விளைவாகத் துண்டுகள் முன்னைவிடச் சிறி தாகவும் குறைந்த பொருண்மைகளை உடையனவாகவும் இருக்கும். இது அடர்த்தியின் அதிகரிப்பினால் ஏற்படுகிறது. இவை ஞாயிற்றைப் போல் 300 மில்லியன் மடங்கு பொருண்மை உடையன வாகும் என்பது கணக்கிட்டுப் பார்த்ததினால் தெரிகின்றது. அதாவது முன்னைவிட முப்பதில் ஒரு பங்கு. ஆகையினால் நம் மேலைச் சிறப்புடைய அண்டமோ 30,000 சிறிய அண்டங்களாகப் பிரிந்து, இவை ஒவ்வொன்றும் ஞாயிற்றைப் போல் 300 மில்லியன் மடங்குப் பொருண்மைகளை உடையனவாகவும் இருக்கும்.

இந்த ஒவ்வொரு சிறிய அண்டங்களின் நிலைமையும் சில வகை களில் இதுவரை நாம் கொடுத்தபடி இருக்கும். விண்மீன்கள் இதே மாதிரி மிகச் சூழ்பாட்டுத் துண்டுகளாகும் முறையில் உருவாகும். ஒவ்வொரு மையமான தொகுதியும் ஒரு தனித்தொகுதியாகக் கருதப்பட்டால் படம் 62-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள நடைமுறை நிலை முன்னேற்றங்கள் ஒவ்வொரு தொகுதிக்கும் தனித்தனியாகக் காணப்படும். ஆனால், இப்பொழுது இந்த வளர்ச்சியை ஒரு தனி வடைந்தபடி திடீர்த்தொகுதி அமைப்பின் வளர்ச்சியாகக் கருதாமல் 30,000 தொகுதிகளையுடைய மொத்தத் தொகுதியின் வளர்ச்சியாகக் கருதவேண்டும். கெட்டியாக்கப்பட்ட உருவற்ற வாயுப் பொருண்மைகளாக விண்மீன்கள் ஒரு தனி அண்டத்தி லிருந்து உருவாவது. அநேக அண்டங்களின் கூட்டமைப்புதான் உருவாக முடியும். இவ்வாறே ஞாயிற்றைப்போல் 100,000 மடங்கு பொருண்மையுடைய மிகப்பெரு அண்டங்கள் உருவா கலாம். இது இரு நூறு அல்லது முந்நூறு சிறு அண்டங்கள் ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டு உருவாகலாம். மிகப் பெரிய அண்டங்கள் அநேக சிறிய உறுப்புக்களின் சேர்க்கையினால் உருவாகின்றன என்பது N G C 4594 (சோம்ப்ரேரோ) மற்றும் M_{31} போன்ற மிகப் பெரிய அண்டங்களோடு அநேக நூற்றுக் கணக்கான உருண்டைக் கொத்துக்களின் சேர்க்கையினால்—அண்ட்ரோமீடா நெபுலா M_{31} மற்றும் நம் அண்டம் முதலியவற்றோடு சேர் வதினால் உறுதியாக்கப்படுகின்றது. உருண்டைக் கொத்துக்கள் தனித்தனியே வெட்டியாக்கப்பட்டு, பெரிய அண்டங்களோடு

சேர்க்கப்பட்டவையாகவும் ஆனால் இவைகளால் கவரப்படாதவைகளாகவும் இருப்பவையாகும். இந்த அடிப்படையில் C 1613 மற்றும் க்ளார்குக்ஸ், ஸ்கல்ப்டர் போன்ற தனித்தொகுதிகளாக, கிட்டத்தட்ட 1,000 தொகுதிகளை யுடையதாக இருந்திருக்கலாம் என்று கூறலாம். ஆண்ட்ரோமிடா நெபுலாவும், நம்முடைய அண்டமும் ஓர் அகற்றும் வேலையின்பொழுது (mopping-up operation) ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். இந்த வேலையில் பல நூற்றுக் கணக்கான சிறிய தனித்தொகுதிகள் ஒன்றாகச் சேர்க்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். இடம் சார்ந்த கூட்டத்தின் சிறு உறுப்புகள் அகற்றும் வேலையில் ஏற்பட்ட கழிவுகளாகும்.

இவ்வகையில் மிகப்பெரு அண்டங்களின் இருப்பையும் அதேபோல சிறிய தனித்த அண்டங்களின் இருப்பையும் விளக்க முடிகின்றது.

வாயு மீதிப் பொருளும் காந்தப் புலன்களின் ஆக்கமும் (The gaseous residue and the origin of magnetic fields)

சிறிதளவு வாயு சுருங்காமல் இருந்துவிடும். படிநிலைத் தொகுதியின் ஒவ்வொரு நிலையிலும் அடர்த்தி எந்தெந்தப் பகுதிகளில் சராசரியைவிட அதிகமாக இருக்கின்றனவோ, அந்தப் பகுதிகள் சுருங்கும். ஒரு வாயுவின் குறைந்த அடர்த்தியுள்ள பகுதிகள் சுருங்கா. ஓர் அண்டத்தின் ஆக்கக் காலத்தில் சுருங்காமல் இருக்கும் வாயு மொத்தப் பொருண்மையில் 10 சதவீதமாக இருக்கலாம். இம்மாதிரி சுருங்காத வாயு மீதியாக இருப்பதிலிருந்து சுருள்களின் ஒளித் தகடுகள் உண்டாகின்றன. சுருளின் தட்டு ஆக்கம் வாயுவிலுள்ள ஒரு காந்தப் புலனின் ஆக்கத்தோடு தொடர்புடையதாக இருக்கலாம். முதலில் மிகச் சிறிதான ஒரு காந்தப் புலன் வாயுவின் ஒரு குழப்ப இயக்கத்தினால் பெரிய புலனாக உருவாக்கப்பட்டிருக்கலாம். இந்தப் பிரச்சினை பாட்சலர் (Batchelor) என்பவராலும், தனிப்பட்ட வகையில் பீர்மன், ஷ்லூட்டர் (Biermann and Schlutor) ஆகிய இவர்களாலும் ஆராயப்பட்டது. இவர்கள், வாயுக்கள், அவைகளுக்குரிய தீவிரமான இயக்கத்தின் விளைவாக, ஒரு டைனமோ (dynamo) என்ற மின் உற்பத்திப் பொறியாக வேலை செய்யத் தூண்டப்படுகின்றன என்று கண்டறிந்தனர். இந்த முறையில்தான் நாம் அடிக்கடி குறிப்பிட்டு வந்த காந்தப் புலன்கள் உருவாக்கப் பட்டிருக்க வேண்டும்; அண்டக் கதிர்கள் மற்றும் திவிரக் கதிர் அலைகள் இவைகளை உற்பத்தி செய்யும் காந்தப் புலன்கள், சுருள் கிளைகளின் உற்பத்திக்கு மூலகாரணமாக இருக்கும் காந்தப் புலன்கள், வகை 1 விண்மீன்கள் சுருங்கும்பொழுது இவைகளோடு இணைக்கப்படும் காந்தப் புலன்கள், கோள்களின் மூலத்திற்கு

முக்கிய கருவகையான காந்தப் புலன்கள் ஆகிய பல்வேறு காந்தப் புலன்களுக்கும் இதுவே தோன்றும் மூலமாகும்.

நம் அண்டத்தைப் போன்ற ஒரு மிகப்பெரு சுருள் அண்டத்தின் முக்கிய ஆக்க நிலைகளை வகைப்படுத்திக் கூறுவோம். ஒரு மேகத்தின் துண்டாக்கம் ஏற்பட்டுத் தனித்த வகை II விண்மீன் தொகுதிகளின் ஒன்று சேர்தல்; இந்தத் தனித்த தொகுதிகள் ஒரு கருவளைய அமைக்கப்படுவது, வாயுப் பொருளின் எஞ்சிய பகுதி திரட்டப்படுவது, தீவிர இயக்கங்களினால் வாயுப் பொருளின் எஞ்சிய பகுதியினுள் ஒரு காந்தப் புலன் உருவாக்கப்படுவது; காந்தப் புலனின் கொல்லாட்டுக் காரணத்தினால் கருவிலிருந்து ஒரு வாயுத் தகடு வளருவது ஆகியவை. இதோடு தகட்டுடன் வாயுப் பொருள் சுருள்கைகள் உருவாக்குவதையும் சேர்க்கலாம்.

அத்தியாயம் 1-ல் ஆரம்பிக்கப்பட்ட வாதத்தை இப்பொழுது முடிக்கலாம். நம் அண்டத்தைப் போன்ற ஓர் அண்டம் எப்படி உருவாகலாம் என்பதை ஒரு சுருக்கமான வகையில் பார்த்தோம். 100,000 மில்லியன் விண்மீன்களைக் கொண்ட கருவை உடையதாகவும், ஒரு வெளிப்புற வாயுத் தகட்டை உடையதாகவும், ஒரு காந்தப் புலனை உடையதாகவும், சுருள் கிளைகளை உடையதாகவும் (அத்தியாயம் 13-ல் நாம் ஆரம்பித்த இடமாவது), சூழ்ந்துள்ள ஒரு விண்மீன் வளையத்தை உடையதாகவும், இணைக்கப்பட்ட நூற்றுக்கணக்கான உருண்டைக் கொத்துக்களை உடையதாகவும் மற்ற அண்டங்களைப் போல் ஒரு கொத்தைச் சேர்ந்ததாகவும் இது இருக்கின்றது எனலாம்.

இந்த இனிமையான வாதத்தை முடிக்க ஒரு குறிப்பு மட்டும் உள்ளது. எஞ்சியுள்ள வாயுவைக் குவியச் செய்வதற்கு வேண்டியதாக இடையிருக்கும்வரை சுருள்களின் கிளைகளில், இரண்டாவது முறை விண்மீன் ஆக்கம் ஏற்படாது. இந்தத் தூசு எங்கிருந்து கிடைக்கின்றது? இதற்கான விடையைச் சரியாக கவனிக்கலாம். கரு, வளையம் இவைகளைச் சேர்ந்த வகை II விண்மீன்களிலிருந்து அளிக்கலாம். அவைகளினுள் மறைமுகமாக ஏற்படுத்தப்படும் குளிர்தலால் (அணுக் கரு ஆக்கத்தினால் மறைமுகமாக உண்டாக்கப்படும்) சுருள் கிளைகளின் வாயு நிரப்பப்பட்டு நாம் அறிக்கைக் குறிப்பிட்ட வாயு மேகங்களாகக் குளிர்வடையச் செய்யும். அப்பொழுது வாயு மேகங்களினுள் நாம் அத்தியாயம் 14-ல் கூறியபடி, இரண்டாவது முறையான விண்மீன் உருவாக்கம் ஏற்படும். இவை வகை I விண்மீன்களாகும். இவ்வாறுதான் சூரியனும் நம் சூரியக் குடும்பமும் உருவாக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும் என்று தோன்றுகின்றது.

18. விரியும் பேரண்டம்

(The Expanding Universe)

பேரண்டம்தான் அனைத்தும் உயிருள்ள மற்றும் உயிரற்ற பொருள்களையும் அணுக்களையும் அண்டங்களையும் கொண்டதாகும். ஆன்மீகமும் பருப் பொருளும் இருந்தால் ஆன்மீகப் பொருட்களையும் அது உடையதாகும். சுவர்க்கமும் நரகமும் உள்ளன எனில் பேரண்டம் இவைகளையும் கொண்டதாகும். ஏனெனில் பேரண்டம் என்பதே எல்லாப் பொருள்களின் கூட்டேயாகும்.

பேரண்டத்தின் பெரிய அளவில் உள்ள அம்சங்கள் நம் தினசரி வாழ்க்கையில் மிக முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை அல்ல என்ற எண்ணம் பிறநாடுகளில் பொதுவாக இருக்கிறது. பூமியும் சூரியனும் இருந்துவிட்டால் மற்ற எல்லாவற்றையும் அழித்துவிட்டாலும் அவை நமக்கு மிக்க அசௌகரியத்தை விளைவிக்கா என்று அவர்கள் கருதுகிறார்கள். இருந்தாலும் இந்தக் கருத்துப் பெரும்பாலும் தவறானதாக இருக்கக்கூடும். அண்டப் படைப்புக் கோட்பாட்டின் (Cosmology) நவீனகால முன்னேற்றங்கள் பேரண்டத்தின் தொலைவுப் பகுதிகள் இல்லாவிடில் தினசரி நிலைமைகள் தொடர்ந்து நீடிக்காவென்றும், பேரண்டத்தின் தொலைவுப் பகுதிகளை நீக்கிவிட்டால் வெளியிடம் (Space) மற்றும் ஜியோமிதியைப் பற்றிய நம்முடைய கருத்துக்கள் முழுமையாகப் பொருத்தமற்றனவாகி விடுமென்றும் வலியுறுத்திக் கூறுகின்றனர். மிகச் சிறு விபரங்களைப்பற்றிய நமது அனுபவமானது பேரண்டத்தின் பெரிய அளவில் உள்ள அம்சங்களோடு மிக நெருக்கமாகத் தொடர்பு கொண்டிருப்பதால் இவ்விரண்டையும் தனியாகப் பிரிப்பது என்பதே எண்ணிப்பார்க்க முடியாததாகும்.

ஆல்பரின் புதிர் (Olber's paradox)

மிக முக்கியமானது என்று கருதப்படாததும், ஒரு [illegible] கேட்க விரும்பப்படாததும் ஆனால் பேரண்டத்தில் தொலைப் பகுதிகளுடன் மிக்க தொடர்பு கொண்டதுமான ஒரு சாதாரணக் கேள்வியுடன் நாம் தொடங்குவோம். இக்கேள்வியானது 1826-ஆம் ஆண்டில் ஆல்பர்ஸ் என்பவரால் கேட்கப்பட்டதும், சமீபத்தில் மீண்டும் எச். பாண்டி (H. Bondi) என்பவரால் புதுப்பிக்கப் பட்டதுமாகும். இரவில் ஏன் ஆகாயம் கறுத்திருக்கிறது? இக் கேள்வி எவ்வளவு ஆழ்ந்த கேள்வி என்று அறியப் பேரண்டமானது அண்டங்களின் கொத்துக்களால் சீராக நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது என்று நாம் கவனிப்போம். உங்கள் விருப்பம்போல், 1000 மில்லியன் பார்செக்ஸ் (என்று வைத்துக்கொள்வோம்) ஆரமுள்ள கோளம் ஒன்று வரையவும். மையத்தை ஒன்றாகக் கொண்ட பெரிய கோளங்களை முந்தியதின் ஒன்றாகத் தொடர்ச்சியாக வரையவும். இரண்டு அடுத்தடுத்த கோளங்களின் ஆரங்களின் வித்தியாசம் 1000 பார்செக்ஸ் என வைத்துக்கொள்ளவும். இப்பொழுது அடுத்தக் கோளங்களின் இடையே உள்ள பிரதேசங்கள் மிக மிகப் பெரிய முடிவில்லாத வெங்காயத்தின் தோலைப்போன்று அமைகின்றன. எவ்வளவு பெரிய கோளங்கள் அமைந்தாலும் அதன் மேலும் ஒன்று வரையக்கூடியவாறு அவை மிகப் பெரியதாக விரிகின்றன. அடுத்தடுத்த தோல்களின் கன அளவு ஆரத்தின் இரு பெருக்குத் தொகையின் (Square) வீத அளவில் அதிகரிக்கிறது. ஒரே சீராக நிரப்பப்பட்டிருக்கும் பேரண்டத்தில் ஒரு தனிப்பட்ட தோலின்மேல் அமையப் பெற்றுள்ள விண்மீன்களின் எண்ணிக்கை அதனுடைய கன அளவிற்கு ஏற்றவாறு இருக்க வேண்டியதாகையால் அடுத்தடுத்துள்ள தோல்களின்மேல் உள்ள விண்மீன்களின் எண்ணிக்கை சராசரியில் அவைகளின் ஆரத்தின் இரு பெருக்குத் தொகைக்கு ஏற்றவாறு இருக்கவேண்டுமென்று நாம் அறிகிறோம். ஒரு தனிப்பட்ட விண்மீனிலிருந்து நமக்குக் கிடைக்கும் ஒளியின் தெளிவானது நமக்கும் அவ் விண்மீனுக்கும் இடையே உள்ள ஆரத்தின் இரு பெருக்குத் தொகைக்குத் தலை கீழ் விகிதம் (inverse)திற்கு ஏற்றவாறு இருக்கிறது. அதாவது, ஆரத்தை இரு மடங்காக்கினால் ஒளியில் நான்கில் ஒரு பகுதியைத்தான் நாம் பெறுவோம். எனவே, பின்க்காணும் நிலைமை ஏற்படுகிறது. இந்த அமைப்பின் (system) மையத்திலிருந்து காட்சியாளர் (observer) கவனித்திட்டால் வெங்காயத்தின் ஒவ்வொரு தோலிலும் சராசரியில் அதன் ஆரத்தின் இரு பெருக்குத் தொகைக்கு ஏற்றவாறு அமைந்துள்ள விண்மீன்கள் ஒவ்வொன்றிலிருந்தும் வரும் ஒளியின் தீவிரம் ஆரத்தின் இரு பெருக்குத்

தொலைவின் தலைகீழ் விகிதத்திற்கு ஏற்றவாறு இருக்கிறது. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவில் உள்ள விண்மீன்களிலிருந்து மையத்திற்கு வரும் ஒளியின் மொத்தப் பரவலானது அதன் ஆரத்தைப் பொறுத்ததேயில்லை. ஒரு காரணம் கூறில் (factor) ஏற்படும் அதிகரிப்பு மற்றொன்றின் குறைவைக் கடுத்துவிடுகிறது. ஆனால், தொலைவின் எண்ணிக்கையை நம் விருப்பப்படி அதிகப்படுத்த முடியுமானதால் மையத்திற்கு வரும் ஒளியின் அளவையும் நாம் விரும்பும் அளவு அதிகரிக்கலாம், அல்லது எப்புறமும் ஒரு விண்மீன் மற்றொன்றிலிருந்து வரும் ஒளியை மறைக்கும்வரை அதிகப்படுத்தலாம். ஆனால், முழு ஆகாயமும் எல்லா விடங்களிலும் சூரியனின் வட்டத் தட்டைப் போன்று (சூரியனை விண்மீன்களின் சராசரி வடிவம் என்று கொண்டு) பிரகாசிக்கும் வரை இந்தப் பிரச்சினை ஏற்படுவதில்லை. இதற்குப் பேரண்டத்திலிருந்து பூமிக்குக் கிடைக்கும் ஒளியும் வெப்பமும் சூரிய வெளிச்சத்தின் தீவிரத்தைவிட 6000 மில்லியன் மடங்கு அதிகமாக இருக்கவேண்டியிருக்கிறது. நாம் இந்த அளவு ஒளியின் பரவலைப் பெறுவதில்லை. ஏனெனில், பெற்றிருந்தால் கணப்பொழுதில் நாம் எரிந்து போயிருக்க வேண்டும்.

நம் வாதத்தில் ஏதோ எங்கோ தவறு நேர்ந்திருக்கிறது என்பது தெளிவாகிறது. எங்கே என்பதுதான் கேள்வி. உடனே நமக்குப் பேரண்டம் ஒரே சீராக நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது என்ற ஆரம்ப மேற்கோளைச் (assumption) சந்தேகிக்கத் தோன்றுகிறது. பேரண்டத்திலுள்ள பருப்பொருள் (material) வெளியிடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட பிரதேசத்தில் இருக்குமேயானாலும் இந்தப் புதிராவது தோன்றியிருக்காது; ஏனெனில், அம்மாதிரி சமயத்தில் தொலைகள் தாங்கள் அளிக்கும் ஒளியின் பங்கைக் காலவரையின்றித் தொடர்ந்து தரமுடியாது. உண்மையில் இந்த விதத்தில்தான் பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் விஞ்ஞானிகள் இந்த இரு தலைக் கொள்ளை (dilemma)யிலிருந்து தப்ப முயற்சித்தனர். பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் கருத்துக்களின்படி நமது அண்டமானது வெளியிடத்தில் தனித்து, அதன் வெளிப்புறத்தில் ஒன்றுமில்லாமலும் இருப்பதாகக் கருதப்பட்டது. இப்போதைய நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில்தான் நாடுகளுக்கிடையிலான (international) வான ஆராய்ச்சியாளர்களின் ஒரு கூட்டத்தில் ஒருமித்த கருத்து உடன்பாடு ஏற்பட்டது. நம் அண்டத்தின் வெளியில் நிறைந்த எண்ணிக்கையில அண்டங்கள் வெளியிடத்தில் வெகுதூரம் வரை விரிந்து பரவியிருக்கின்றன என்று ஆர். ஏ. பிராக்டர் (R. A. Proctor) என்பவரால் எடுத்துக் கூறப்பட்ட கருத்து ஒரு புறம் கூறப்பட்டது பேரண்டமானது நம் அண்டம் ஒன்றையே

உடையதாய் இருக்கிறது என்ற கருத்தானது மக்களேருடையதும், அப்பொழுதில் வெற்றிகரமாக விளங்கிய புறத்தில் மீண்டும் கூறப்பட்டது. மற்ற அண்டங்கள் நம் அண்டத்திற்கு உட்புறம் அமைப்பாயிருக்கும் இடச் சார்புடைய விண்மீன்களின் தொகன்று தான் என்றும் கூறப்பட்டது. பின்னால் சொல்லப்பட்ட இந்தப் பிழையுள்ள கருத்தை ஆதரித்தவர்கள் பால்வழி மண்டலத்தின் தளத்தின் பக்கமாயுள்ள திசைகளில் அண்டங்கள் காணப்படவில்லை என்று முற்றிலும், தவறான வாதத்தைத் தமக்கு ஆதாரமாய்க் கொண்டார்கள். பால்வழி மண்டலத்துடன் அண்டங்களுக்கு உள்ள தொடர்பை இது நிரூபிப்பதாகக் கருதப்பட்டது. இந்த அண்டங்களின் தோற்றளவில் இல்லாதிருத்தலானது (apparent absence) அண்டத் தளத்தின் பக்கமாயுள்ள புழுதியின் உட்கொள்ளும் தன்மையின் விளைவேயாகும் என்று, இந் நாட்களில் நாம் கூறுவதைப் போலவே, பிராக்டர் வாதித்தார். ஆனால் இந் நூற்றாண்டின் முதல் இரு பத்தாண்டுகளில் வாழ்ந்த வான ஆராய்ச்சியாளர்களில் பெரும்பான்மையோர் இக் கருத்தை ஏற்றுக்கொள்ள முடியவில்லை. ஒன்றும், அவர்களுடைய ஆராய்ச்சியாளர்கள் பற்றி, மிக மறைக்கும் தன்மையாயிருந்தது என்ற கொள்கையின்படி நம் அண்டத்தின் அமைப்பை ஆராய்ந்திருந்தனர். 1925ஆம் ஆண்டில்தான் இக்கருத்துக்கள் தவறு என்று இடப்பட்டதோடு பிராக்டரின் கருத்துகள் முழுமையாக உண்மையென்று உறுதியாயின. குறிப்பிடத்தக்க, ஜே. எச். ஊர்ட் (J. H. Oort) மற்றும் பி. லிண்ட்பிளோட் (B. Lindblat) என்பவர்களின் ஆராய்ச்சியின் விளைவாக நம்முடைய அண்டத்தின் அமைப்பானது பழைய காலத்தில் நாம் நினைத்து வந்த விதத்திலிருந்து முற்றிலும் வேறுபட்டது என்று தெரியவந்தது. மேலும் விண்மீன்களுக்கு இடையே உள்ள புழுதியின் மறைக்கும் தன்மையின் விளைவுகளை ஆராய்ச்சியில் கருத்தும் கொள்ளாததே பழைய கருத்துகள் தவறானதற்குக் காரணம் என்று புலனாகியது. ஏறக்குறைய இதே காலத்தில், அண்டங்கள் நம் அண்டத்தைப் போன்ற தன்மை உடைய பெரிய விண்மீன்களின் அமைப்பு முறைகள் என்றும் அவை நம்மிடத்திலிருந்து மிகத் தொலைவில் அமைந்துள்ளன என்றும் கேள்விக்கு இடமில்லாதபடி ஈ. பி. ஹப்பிள் (E. P. Hubble) என்பவரால் நிலைநாட்டப்பட்டது. சில வருடங்களுக்குள் ஹப்பிள் பேரண்டத்தைப் பற்றிய கருத்துகளைப் பரிமாணங்களில் பல ஆயிரம் பார்செக்குகள் கொண்ட இடச்சார்புடைய பிரதேசம் என்பதிலிருந்து நூற்றுக்கணக்கான மில்லியன் பார்செக்குகள் என்னும் புதியதொரு பரிமாணங்கள் கொண்டது என்று காணும்படி செய்தார்; ஏனெனில், நம்முடைய அண்டத்தைப்

போன்றே மற்ற அண்டங்களும் சேர்க்கப்பட்டிருக்காமல் பெரிய விண்மீன்களின் அமைப்பு; முறைகள் என்று காட்டப்படுகோளல்லா மல் நூற்றுக்கணக்கான மில்லியன்கள் பார்செக்ஸ்கள் தொலை தொலைவுகள் வரை நம் பொருளின் தாய்மையான இடச் சார்புடைமை கூட்டுத் தொகையில் (aggregation) வாழ்கிறோம் என்பதற்கு ஆதாரம் ஒன்றும் இல்லை என்றும் காணுகிறோம். அண்டங்கள் வெளியிடத்தில் மேலும் மேலும் தொலைவில் பரவி யிருக்கின்றன. அவை கண் பார்வையிலிருந்து மறைவதற்குள் (அதிகத் தொலைவு காரணமாய் மங்கலாய்த் தெரிகின்றன) அவற்றில் சில நூறு மில்லியன் அல்லது மேலும் அதிகமாய் எண்ணி விடலாம்.

இதுவரையில் நடைபெற்றுள்ள விஞ்ஞான எண்ணாய்வுகளில் முக்கியமான தொன்று அண்டத்தைப்பற்றிய மனிதனின் முழுமையான எண்ணத்தைத் திருப்பம் ஏற்பட்ட பின்பும் இதுவரை ஒருவரும் பொருளின் பரவலானது வெளியிடத்தில் இடச் சார்புடையதாயிருக்கிறது என்று குறிப்பிடுவது தகுதியானது என்று எண்ணவில்லை. மாறாக, ஒரு பகுதியைவிட மற்றொரு பகுதியில் அண்டங்களின் தொகுத்து காணப்படுவதைப் போன்ற சில உள்ளடக்கு வேறுபாடுகளைத் தவிரப் பெரிய அளவில் குறிப்பிடத் தக்க விதத்தில் பொருள்களின் பரவலில் வித்தியாசம் காணப்பட வில்லை என்றும் மற்றும் காட்சியாளரின் குறிப்பிட்ட இடத்தைப் பொறுத்தில்லாமல் பேரண்டமானது அண்டங்களின் பரவலில் ஒரேமாதிரியான பெரிய அளவிலுள்ள அம்சங்களைக் காண்பிக் கிறது என்றும் எதிர்மாறிலியான கருத்துப் பொதுவாக நம்பப் படுகிறது. ஆல்பரின் புதிரானது மீண்டும் விடைபடாத தன் நிலையை அடைந்து விட்டது என்று இதிலிருந்து தெரிகிறது. பத்தொன்ப தாம் அல்லது இருபதாம் நூற்றாண்டின் ஆரம்பகால விஞ்ஞானிகள் முயற்சித்த விதத்தில் இப்புதிருக்கு விடைகொடுக்க முடியாது.

ஆல்பரின் புதிரைத் தோற்கடிக்கும் தந்திரமான முயற்சி யான பிரியமான கருத்தைவிடக் கால நீதியான வாதத்தை கூட யோசிப்பதைப் பொறுத்திருக்கிறது. பேரண்டத்தின் எல்லா விண்மீன்களும் ஒரு குறிப்பிட்ட வயதுக்குக் குறைந்தவையாக இருந்தால் நாம் முன்பு எடுத்துக்கொண்ட விஷயங்கள் பொருந்தி வரா; ஏனெனில் நமது வெப்பாயத்தின் போதுமான தொலைவி லுள்ள தொலைவிலிருந்து வரும் ஒளியானது நம்மை இன்னும் வந்தடைந்திருக்காது. இந்த முறையை ஒரு குறிப்பிட்ட தொலை வில் அதாவது மிகப் பழைய விண்மீன்களின் வயதுகளுக்குச்

சமமான ஒளி கடத்தும் திறப்புத்தன்மை கொண்ட தொலைவில் நிறுத்தப் பட்டிருக்க வேண்டும். இதற்குத் தொலைவிலுள்ள தோல்களி லிருந்து நம் பகுதிக்கு ஒளி இதற்குள் வந்தடைந்திருக்க முடியாது. நமக்கு விருப்பம்போல் தோல்களை எடுத்துக்கொண்டு அவற்றி லிருந்து கிடைக்கும் ஒளியின் சமமான பகுதிகளை ஒன்றுசேர்த்துக் கூட்டும் முறைகளை இது பொருத்தமற்றதாகச் செய்கிறது. இரண்டு வரைத்திலும் உள்ள ஒளியைத் தோல்களின் ஓர் அளவான எண்ணிக்கையே கொடுப்பதாகக் கொள்ள முடியும்.

9 ஆம் அத்தியாயத்தில் நம் அண்டத்திலுள்ள விண்மீன்களின் வயது 6,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குக் குறையாமலேயே என்று பார்த்தோம். அண்மையிலுள்ள அண்டங்களில் விண்மீன்கள் நம் அண்டத்திலுள்ள விண்மீன்களை ஒத்திருப்பதால் அவைகள் கூட 6,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குமேல் வயதானவையாக இருக்க முடியாது என்று தெரிகிறது. எனவே, ஆல்பரின் புதிரிலிருந்து விடுபட்டு நம் காலத்தில் தப்பிச் செல்லும் வழிக்கு ஒரு காட்சி ரீதியான ஆதாரம் இருக்கிறது. இப்பொழுது நாம் சொல்லுவது என்னவென்றால், பேரண்டத்திலுள்ள பொருளானது வான வெளியில் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியில்மட்டும் இருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்காவிட்டாலும் (மேலும் உண்மையில் அவ்விதம் அப்படி பரவலாக இருந்தாலும்) காலத்திலும் அது கட்டுப்படுத்தப் பட்டிருக்கிறது என்பதாகும்.

ஆனால், நம்மால் இந்தக் கருத்தைச் சற்று எச்சரிக்கையுடன் கையாளப்பட வேண்டியதாகும். பேரண்டத்தின் பொருளை வெளியிடத்தில் இடம் சார்புடையதாகச் செய்யும் முயற்சிக்கும் பொருளின் (அல்லது விண்மீன்களின்) இருப்பை (existence) காலத்தில் கட்டுப்படுத்தும் செய்முறைக்கும் சமநிலையான விதத்தில் ஒரு தன்மை இருக்கிறது. நம் அண்டத்தின் விண்மீன்களின் அளவுள்ள வயதுகள் காலத்தால் கட்டுப்படுத்தப் பட்டவை என்ற கொள்கையை நாம் இப்பொழுது ஆதரிக்கிறோம். இந்த இரு முறைகளும் கணித ரீதியில் குணத்தில் ஒத்திருக்கவில்லை. இவற்றில் ஒன்று மிகவும் வேறு விளைவிக்கக்கூடிய தவறு என்று நிரூபிக்கப்பட்டு விட்டதால் மற்றதை ஒப்புக்கொள்ள நாம் சிறிது தயங்க வேண்டும்.

எல்லா விண்மீன்களும் ஒரு குறிப்பிட்ட வயதுக்கு உட்பட்டவை என்ற கூற்றைப் பேரண்டமானது ஒரு குறிப்பிட்ட வயதுக்கு உட்பட்டது என்று பொதுவிதியாக ஏற்றுக்கொள்வதை நான் முழுவதும் தவறானதாக இல்லை. இந்தக் கருத்திலும் தெளி

வது யாதெனில் கடந்த காலத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் (6,000 மில்லியன் வருடங்களுக்கு முன் என்று கொள்வோம்) திடீரெனப் பௌதிகத்தின் விதிகள் பயன் உள்ளவை வாயின. இச்சமயத்திற்கு முன்பு பௌதிக விதிகள் பயன்படுவனவாயில்லை. இச்சமயத்திற்குப் பின்பு பௌதிகமானது பேரண்டத்தின் இயங்கும் முறையின் மேல் ஆதிக்கம் செலுத்தியது. இந்தப் பௌதிகமே இல்லை என்ற நிலையிலிருந்து எல்லாம் பௌதிகமே என்ற நிலைக்கு ஏற்பட்ட மாற்றம் கணத்தில் நிகழ்ந்துவிட்டது.[1]

எவரும் இம்மாதிரியான கருத்தை ஒப்புக்கொள்ளுவதில் முக்கியமாய் எச்சரிக்கையாய் இருக்கவேண்டும் ஏனென்றால், மனிதனின் மூளையானது இம்மாதிரி விஷயங்களில் பெரும் தவறுகளுக்குக் கொண்டு செல்லும் கொக்கியைப் போன்ற எண்ணங்களைக் கொண்டுள்ளது. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் வசித்த ஐரோப்பியர்கள் பேரண்டமானது 6,000 ஆண்டுகளுக்கு முன்புதான் உண்டாயிற்று என்று நம்பி வந்தார்கள் இக்கருத்து முற்றிலும் தவறு என்று காண்பிக்கப்பட்டவுடன் பேரண்டம் 20 மில்லியன் வருடங்கள் வயதானது என்றும் பிறகு 100 மில்லியன் வருடங்கள் வயதானது என்றும் இம்மாதிரியாகப் படிப்படியாகச் சென்று மேற்சொன்னபடி 600 மில்லியன் வருடங்கள் வயதானது என்றும் கூறப்பட்டது.

இந்த விதமான வாதங்கள் பொருத்தமானதாய்த் தோன்றும் அனுமானங்களை அடையும் நிலைக்கப்பால் நாம் செல்லப் பயன்படுவதில்லை. ஆயினும் வி. எம். சிலிப்பர் (V. M. Slipher) மற்றும் ஈ. பி. ஹப்பிள், (E. P. Hubble) எம். ஹுமாசன் (M. Humason) ஆகியோரின் நிலைதடுமாற வைக்கும்படியான கண்டுபிடிப்பானது நம்மை இந்நிலைக்கு அப்பால் கொண்டு செல்கிறது. பேரண்டத்தின் ஆக்கம் தனிப்பட்டது என்பதுதான் ஆல்பரின் புதிரிலிருந்து விடுபடும் ஒரே வழியாக இருந்தால், நாம் அதை ஏற்றுக் கொள்ளும்படியாக வற்புறுத்தப்படுகின்றோம். இப்பொழுது சொல்லப்பட்ட கண்டுபிடிப்பானது முற்றிலும் எதிர்பாராத விதங்களில் நாம் தப்பித்துக்கொள்ள வழிசெய்கிறது. இப்புதிருக்கு இம்மாதிரியான மிக விசித்திரமான முறையில் விடை இருப்பது பேரண்டமானது குறிப்பிட்ட கலா அளவுடைய தற்காலிகமான இருப்பு உள்ளது என்பதைப் பற்றிய என் சந்தேகத்தை மிகவும் அதிகரிக்கிறது.

[1] கணித ரீதியாகச் சொல்லப்போனால் பௌதிகச் சமன்பாடுகள் 6000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் தனித் தன்மைகள் (Singularities) உடையனவாய் இருந்தன. மற்றும் இச்சமன்பாடுகளை இத்தன்மைகளுக்கு உரியனவாக ஏற்றுக்கொள்ள முடியாது.

பேரண்டமானது விரிந்து வருகிறது. இந்தக் கண்டுபிடிப்புகளின் நோக்கம் இதுதான். இந்த விரிவானது இடைசார் பில்லியன் பெரிய அளவில் ஏற்படுகின்றன என்பதை நன்றாகக் கொள்ளுவது முக்கியமானதாகும். நம் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்திலோ (Solar system) நமது அண்டத்திலோ அல்லது தனியிடக் கூட்டத்திலோ (local group) உள்ள தொலைவுகள் விரிவடைவதில்லை. ஆனால், இந்தத் தனியிடக் கூட்டத்திற்கு அப்பால் அரை மில்லியன் பார்செக்குகளுக்கு அப்பால் விரிவு ஆரம்பிக்கிறது. நம்மிடமிருந்து 2,500,000 பார்செக்குகள் தொலைவிலுள்ள M_{31} என்னும் நாட்சத்திர அண்டமானது (படம் XXIV) நம்மிடமிருந்து விலகிச்செல்கிறது. வினாடிக்கு 80 மைல்கள் வீதம் அதனுடைய தூரமானது அதிகரிக்கிறது. சுமாராய் 10 மில்லியன் பார்செக்குகள் தொலைவிலுள்ள கன்னி மண்டலத்தின் (Virgo cloud) மேகத்திலுள்ள அண்டங்கள் நம்மிடமிருந்து வினாடிக்கு 750 மைல்கள் வேகத்தில் விலகிச் சென்று கொண்டிருக்கின்றன. கரோனா (Corona)வின் அண்டங்களின் (படம் XL) கொத்து நம்மிடமிருந்து வினாடிக்கு 13,000 மைல்கள் வேகத்தில் விலகிச் செல்கிறது. மேலும் கிட்டத்தட்ட 400 மில்லியன் பார்செக்குகள் தொலைவிலுள்ள ஹைட்ராகொத்து (Hydra Cluster) (படம் XLI) தன்னுடைய தூரத்தை ஒவ்வொரு வினாடியும் 38,000 மைல்கள் அதிகரித்துக்கொள்கிறது. நீங்கள் இந்த அத்தியாயத்தைப் படிக்க ஆரம்பித்த நேரத்திலிருந்து இதுவரை ஹைட்ராக் கொத்து எவ்வளவு தொலைவு மேலும் சென்றிருக்கிறது என்பதைக் கண்டுபிடிப்பது சுவாரசியமானதாயிருக்கும்.

சிவப்பு நிற ஒதுக்கம் (The red-shift)

மேற்சொன்னது எப்படித் தெரியவந்தது? பதின்மூன்றும் அத்தியாயத்தில் காட்டியவைகளின் பக்கமாய் அல்லது அவைகளிடமிருந்து விலகிப் புறப்படும் இயக்கங்களை ஒளியின் கதிர் வெளிவிடும் நிறமாலைவரிகளின் சுருதி (pitch)யை ஆராய்வதால் நிர்ணயிக்கலாம் என்று பார்த்தோம். இப்பொழுது நமக்குக் கிடைக்கும் ஆதார மூலங்கள் (sources) முழுவதும் அண்டங்கள் தான் இவ்விதமாக தனியிடக் கூட்டத்திற்கு வெளியேயுள்ள அண்டங்கள் ஒரே சீராக நம்மிடமிருந்து விலகிச்செல்கின்றன என்று தெரிய வந்தது. இவ்வாறாகப் பிரிவது ஒன்றைக் காட்டும் (படம் XII-அ) சோதித்துப் பார்ப்பதற்கு முன்னால் நாம் நிறமாலையின் வரிகளாவது ஒரு புகைப்படத்தின் நெகடிவ் பாசிடிவ். பிரதிகளைப் போன்று இரு விதத்தில் அதாவது பிரகாசமான வரிகளாகவும் கருமையான வரிகளாகவும் காணப்படுகின்றன என்பதைக் கவனிக்கவேண்டும்.

ஒரு வாயுவின் அணுக்கள் நிறமாலை வரிகளை வெளிப்படுத்தும் போது இந்த வரிகள் பிரகாசமானதாய் இருக்கின்றன. உதாரணமாக விண்மீன்களுக்கு இடையேயுள்ள (interstellar) வெப்பமான வாயுமேகமானது வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரிகள் பிரகாசமாயிருக்கின்றன. மற்றப்படி நிறமாலை வரிகளில்லாத எல்லா அலை நீளங்களைக் கொண்ட ஒளியை ஒரு வெப்ப ஆதார மூலமானது—உதாரணமாக ஒரு விண்மீனின் ஒளிப்புரை (photosphere)—உண்டாக்கும்போது மற்றும் பிறகு ஒளியானது சற்றே குளிர்ந்த வாயுமேகத்தின் ஊடேபுகுந்து வரும்போது அதிலிருந்து அநேகமாக அக்குளிர்ந்த வாயுவானது தான் வெப்பமாயிருக்கும்போது வெளிவிடும் குறிப்பிட்ட அலைநீளங்களைக் கொண்ட ஒளியை உட்கவரும் இச்சந்தர்ப்பத்தில் குளிர்ந்த மேகத்தினூடேவரும் ஒளியானது மேற்குறிப்பிட்ட அலை நீளங்களில் வலிமை குறைந்ததாகி விடுவதால் அவை கருமை வரிகளாகக் காணப்படுகின்றன. சூரியனிடமிருந்து வரும் ஒளி பிரகாசமான வரிகளைவிடக் கருமையான வரிகளையே கொண்டிருக்கிறது. ஏனென்றால், ஒளிப்புரையிலிருந்து வரும் ஒளியானது சூரிய வளிமண்டலத்தின் கீழ்ப்பகுதிகளிலுள்ள சிறிது குளிர்ந்துள்ள பொருளின் வழியாகச் செல்லுகிறது. பெரும்பாலான விண்மீன்களுக்கும் இதே நிலைமைதான் ஆனாலும், கருமை வரிகள் எப்பொழுதும் ஏற்படவேண்டு மென்பதில்லை. மிக வெப்பமான விண்மீன்களும், முக்கிய வரிசையில் முதன்மையுள்ள விண்மீன்களும் பிரகாசமான வரிகளையே வெளிப்படுத்துகின்றன. சில மிகக் குளிர்ந்த விண்மீன்களும் பிரகாசமான கோடுகளை வெளிப்படுத்துகின்றன. இது எப்படியிருக்கிறது என்றால், மொத்தத்தில் இவை குளிர்ந்தனவாக இருந்தாலும் இவற்றின் குறிப்பிட்ட சில ஒட்டுப் பகுதிகள் மட்டும் அதிக வெப்பமுடையனவாய் விடுவதைப் போன்றிருக்கின்றன.

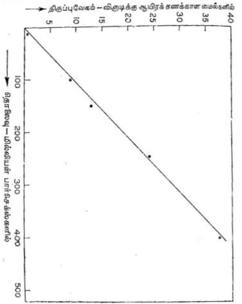
சிவப்பு-நிற ஒதுக்கத்தின் அளவீட்டிற்கு இவை எவ்வாறு தொடர்புடையன அதாவது குறையும் அலை நீளத்தின் பக்கமாய்க் கோடுகள் ஒதுக்கப்படுவது எப்படி என்றால் இதற்குக் காரணம் விண்மீன்களில் பெரும்பாலும் கருங்கோடுகளையே காட்டுகின்றன என்பதும் ஓர் அண்டத்திலுள்ள எல்லா விண்மீன்களின் கூட்டு வெளிச்சமும் கருங்கோடுகளையே காட்டுகின்றன என்பதாகும். எம். ஹ்யூமாசன் (M. Humason) என்பவரால் அளவிடப்பட்ட சிறந்த அளவீடுகள் படம் LVII-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இங்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட கோடுகள் கால்சியத்தின் H,K கோடுகளாகும். படம் LVII-ல் மங்கலாய்க் காணப்படும் நடுப்பட்டைதான் அண்டத்தின் வெளிப்பாட்டைக் குறிக்கிறது. மேலும் அலை நீள

பக்கத்து இடப்புறமிருந்து வலப்புறமாக அதிகரிக்கிறது. வலுவாக உள்ள கோடுகள், கிற்கப்போ நிலக் கால்சியின் அணுக்களால் ஏற்பட்டவை. ஒப்பிடுவதற்காக இவைகள் ஒளிப்படமாக்கப்பட்டன.

வெகு தூரத்திலுள்ள அண்டங்கள் தங்களுடைய தூரத்தை அவற்றுடன் ஒப்பிடும்போது சற்று அருகாமையில் காணப்படும் அண்டங்களைவிட மிகவேகமாக அதிகரித்துக் கொள்ளுகின்றன என்ற பெரும் கண்டுபிடிப்பைப் படம் LVII-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள உதாரணங்கள் தெளிவாகக் காண்பிக்கின்றன. படம் LVII-ல் குறிக்கப்பட்டுள்ள தொலைவுகள் ஹப்பிள் என்பவரால் சொந்தமாகக் கணக்கிடப்பட்ட அளவீடுகளைக் குறிப்பிடவில்லையென்றாலும், அவைகள் சமீபத்தில் கணக்கிடப்பட்ட மற்றும் அடுத்த அத்தியாயத்தில் விவரிக்கப்படும் அளவீடுகளைக் கணக்கில் கொண்டு திருத்தியமைக்கப்பட்டுள்ளன என்பதை நாம் கவனிக்க வேண்டும். ஹப்பிள் செய்துள்ள தேர்வுகள் அண்டங்களின் தொலைவுகளைப் பொறுத்திருக்கின்றன என்பது சற்று தெளிவாகவே படம் 64-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மேலும் ஆராய்ந்த முடிவுகளின் வழியாய் வரையப் பட்ட கோடே இந்தத் தெரிவிப்பின் மிகச் சிறந்த அம்சமாகும். பேரண்டத்தின் விரிவு நேர்கோட்டுக்குரிய முறையில் (linear fashion) ஏற்படுகிறது அதாவது அண்டத்தின் தொலைவை இரட்டிக்கச் செய்தால், அதனுடைய தொலைவு அதிகரிக்கும் வீதமும் இரட்டிக்கிறது என்று படம் காண்பிக்கிறது. தொலைவானது ஒவ்வொரு மில்லியன் பார்செக்குகள் அதிகரிக்கும்போதும் ஒதுங்கும் வேகமானது விநாடிக்கு 100 மைல்கள் வீதம் அதிகரிக்கிறது என்று இம்முடிவை மிகப் பொருத்தமாகக் கூறலாம். 10 மில்லியன் பார்செக்குகள் தூரத்திலுள்ள ஓர் அண்டமானது கிட்டத்தட்ட விநாடிக்கு 1,000 மைல்கள் ஒதுங்கும் வேகம் உடையதாய் இருக்கிறது. 100 மில்லியன் பார்செக்குகள் தூரத்திலுள்ள ஓர் அண்டமானது கிட்டத்தட்ட விநாடிக்கு 10,000 மைல்கள் ஒதுங்கும் வேகம் உள்ளதாய் இருக்கிறது. மற்றும் 500 மில்லியன் பார்செக்குகள் தூரத்திலுள்ள ஓர் அண்டமானது ஏறத்தாழ விநாடிக்கு 50,000 மைல்கள் ஒதுங்கும் வேகம் உள்ளதாய் இருக்கிறது.

இது வரை அளவிடப்பட்ட ஒதுங்கும் வேகத்தின் வீதங்களில் மிக அதிகமானது கிட்டத்தட்ட விநாடிக்கு 10,000 மைல்களாகும். இன்னமும் வெகுதூரத்திலுள்ள அண்டங்களின் ஒளி குன்றி மிக மங்கலாகத் தெரிவதால் அவைகளின் கோடுகளைக் கண்டுபிடிப்பது கடினமாயிருக்கிறது, என்றாலும், முடிவாக இப்பொழுதுள்ள தொழில் நுட்ப முறைகளில் முன்னேற்றம் ஏற்பட்டு மேலும்

அதிகத் தொலைவிலுள்ள அண்டங்களின் வேகங்களைக் கணக்கிட முடியும் என்ற நம்பிக்கைக்கு நல்ல ஆதாரம் இருக்கிறது.



படம் 64. தொலைவிற்கும் ஓதுங்கும் வேகத்திற்கும் உள்ள நேர்க்கோட்டு முறையிலுள்ள உறவு (புள்ளிகள் உண்மையான சாட்சிகளைக் குறிக்கின்றன.)

இது சாத்தியமானால் முடிவு என்னவாயிருக்கும்? அநேகமாக எல்லா வான ஆராய்ச்சியாளர்களும் ஓதுங்கும் வீதங்கள் படம் 64-ல் உள்ள நேர்க்கோட்டில் காட்டியுள்ளபடியே அதிகரிக்கின்றன என்று முன்கூட்டிச் சொல்லத் தயாராயிருப்பர் என்று நான்

திருக்கிறோம். பேரண்டத்தின் ஒரு அடிப்படை அம்சத்தை இந்த நேர்க்கோடு குறிப்பதாகக் கருதப்படுகிறது. பொதுவாக இக்கோட்டை நாம் விரும்பும் தொலைவிற்கு முடிவில்லாது நீட்டிக்கொண்டே செல்லலாம் என்று ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டிருக்கிறது. இந்த வெளிப்படை ஆய்வு (extra-polation) உண்மையில் சரியானதா இல்லையா என்பது மிக அவசரமாக உறுதிப்படுத்திக் கொள்ள வேண்டியதென்றாலும் குறிப்பிட்ட அளவாக ஒளியின் வேகத்திற்கு ஒப்பிடும்படியான வேகங்கள் வரையில்கூட முழுமையாகப் பரிசீலிப்பது என்பதே அநேகமாய் எளிதல்லாதது; அப்பால் பட்டதாய் இருக்கிறது. பொதுவான அபிப்பிராயத்தின்படியே நாமும் படம் 64-ல் உள்ள கோட்டை முடிவில்லாதபடி நீட்ட முடியும் என்று வைத்துக் கொள்வோம். இந்த மேற்கோளானது தவறானது என்று கண்டு பிடிக்கப்பட்டால், கீழே உபயோகப்பட்டிருக்கும் வாதங்களில் பல பெரும் மாறுதல்களுக்கு உள்ளாக நேரிடும்.

400 மில்லியன் பார்செக்ஸ்கள் தொலைவுகள் வரை கவனிக்கப்பட்ட, பேரண்டத்தின் சீரான விரிவானது எல்லாத் திசைகளிலும் நடைபெறுகிறது. கவனிக்கப்படும் திசை எதுவாயினும் முடிவுகள் எப்பொழுதுமே ஒன்றாக இருக்கின்றன. தனிப்பட்ட கூட்டத்தின் அண்டங்கள் மட்டுமன்றி அண்டங்களின் முழு அமைப்பு முறையே (system) நம்மை விட்டு ஒதுங்கி விரிந்து கொண்டே செல்வது அநேகமானவர்களுக்கு நமது தனிப்பட்ட கூட்டமானது பேரண்டத்தின் மையத்தில் இருக்கவேண்டும் என்பதைக் குறிப்பிட்டிருக்கிறது. ஆனால் இந்தக் கருத்தானது தர்க்க ரீதியாக (logical *non-sequitur*) உலர்ந்த முந்திரிப்பழங்களைக் கொண்ட களியானது (pudding) அடுப்பில் வெந்துகொண்டிருக்கிறது எனக் கற்பனை செய்து கொள்வோம். அண்டங்களின் கொத்துக்களை அந்த முந்திரிப்பழங்கள் குறிக்கின்றன எனக் கொள்வோம். களி வெந்து தயாராகும்போது அப்பழங்கள் விரிவதில்லை என்றும் ஆனால், களியானதுமட்டும் தொடர்ந்து சீரான முறையில் பருக்கிறது என்று வைத்துக் கொள்வோம். அப்பொழுது அந்தப் பருத்த பகுதியில் உள்ள ஒவ்வொரு பழமும் மற்றவிலிருந்து ஒதுங்கி நகருகிறது. எந்த ஒரு முந்திரிப்பழத்துடனும் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும் காட்சியாளர் மற்றெல்லாப் பழங்களும் தன்னைவிட்டு ஒதுங்கிப் போவதைக் காண்பார். மேலும் களியானது ஒரே சீரான அளவில் பருத்து வருமானால் (அதன் உள்ளிருக்கும் சீரான பொருள் சீரான முறையில் அமைந்திருக்குமானால்) பழங்கள் படம் 64-ல் காட்டியுள்ளபடி நேர்க் கோட்டில் விரியும் தன்மையை உடையவையாயிருக்கும், அதாவது இரு பழங்களுக்கு இடையே உள்ள

தொலைவை அதிகரித்தால் அவைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு அதிகரிக்கும் விதமும் அதிகமாகும்—தூரத்தை இரு மடங்காக்கினால் தொலைவு அதிகரிக்கும் விதமும் இருமடங்காகும்.

களிக்கு ஒரு மையம் இருக்கிறது என்று நாம் எப்படியும் சொல்லலாம். ஆனால், அதன் எல்லையின் வடிவத்தைக்கொண்டே அதன் மையத்தை நாம் தீர்மானிக்கிறோம். பேரண்டத்திற்கு ஏற்றவாறு ஓர் உதாரணம் கொடுக்கவேண்டுமென்றால், நாம் அளவில்லாத எல்லை அமைந்திருக்கும் களி உருவத்தை நாம் கற்பனை செய்து கொள்ள வேண்டும். 'எல்லை யில்லாத' என்னும் வார்த்தை கருத்துணர்வுச் சிக்கல்களைக் கொடுக்கக்கூடாது. எவ்வளவுதான் பெரிய களி உருவை நாம் எடுத்துக்கொண்டாலும் அதைவிடப் பெரியதொன்று உள்ளது என்பதே இதன் கருத்தாகும்.

மீண்டும் ஆல்பரின் புதிர்

மேலே கூறியவற்றை மீண்டும் ஆல்பரின் புதிருடன் தொடர்புறச் செய்வது இப்பொழுது அவசியமாகிறது. வெளியிடத்தைத் தொடர்ச்சியான கோளங்களாகப் பகுத்து அதன் மூலம் தொடர்ச்சியான தோல்களை ஏற்படுத்திக் கொண்டதிலிருந்து ஆல்பரின் புதிர் ஏற்பட்டது என்பதை நாம் நினைவுபடுத்திக் கொள்ளலாம். மையத்தில் கிடைக்கும் ஒளியில் ஒரு குறிப்பிட்ட தோலிலுள்ள விண்மீன்களின் பங்கானது தோலின் ஆரம் எதுவாயிருந்தபோதிலும் எப்பொழுதும் ஒரேமாதிரி அளவுடையதாய் இருந்தது என்று தெரியவந்தது. ஒவ்வொரு விண்மீனிலிருந்தும் கிடைக்கக்கூடிய ஒளியின் அளவானது தொலைவு அதிகரிப்பதினால் குறைபடுகிறது. தோலின் ஆரத்தை அதிகரிக்கும்போது தோலின் மேலுள்ள விண்மீன்களின் எண்ணிக்கையும் இக் குறைவைச் சரிக்கட்டும் அளவில் அதிகரிப்பதால் மேற்சொல்லப்பட்ட தன்மையானது இருக்க ஏதுவாகிறது. அண்டங்கள் ஒன்றைவிட்டு ஒன்று ஒதுங்கும்போது இம்மாதிரியான சரிக்கட்டும் வேலை நடைபெறுவதில்லை. இது ஒரு மிக முக்கியமான—மற்றும் பொருட்செறிவுடைய கருத்தாகும். ஒளி வலுவிழப்பதை விரிவானது மேலும் அதிகப்படுத்துகிறது என்றும், அதனால் ஈடு செய்யும் வேலை நாசமாக்கப்படுகிறது என்றும் தெரிகிறது. இக்கருத்து ஆல்பரின் புதிரை முழுவதுமாய் விடுவிக்கிறது.

கன்னி மேகத்தின் (Virgo cloud) அண்டங்களைப் போன்ற, நமக்கு அருகாமையிலுள்ள அண்டங்களில் இம்மாதிரியான மேலும் ஒளி வலுவிழப்பது மிகக் குறைவானதாகும். ஆனால் தொலைவு

அதிகரிக்க அதிகரிக்க இதன் விளைவு பலப்படுகிறது. சிவப்பு நிற ஒதுக்க அளவீடுகள் கணக்கிடப்பட்ட மிகத் தொலைவிலுள்ள (கிட்டத்தட்ட 400 மில்லியன் பார்செக்குகள் தூரத்திலுள்ள ஹைட்ரா அண்டங்கள்) அண்டங்களில், விரிவே ஏற்படாதிருக்கு மானல் ஒளிக்கு இருக்கும் தீவிரம் இப்பொழுது $\frac{2}{3}$ பங்காக பலவீனப்படுகிறது. பாலமர்மலை (Mt. Palomor) என்னும் இடத்தி லுள்ள 200-அங்குலத் தொலைநோக்கி ஆராயக்கூடிய (படம் XLII) மிக அதிகத் தொலைவான 1,000 மில்லியன் பார்செக்குகள் தொலைவில், ஒளியானது, விரிவு ஏற்படாதிருக்குமாறும் அதற்கு உள்ள தீவிரத்தில் $\frac{1}{3}$ பாகமாகப் பலவீனப்படுகிறது. இன்னமும் அதிகத் தொலைவுகளில் (படம் 64-ல் உள்ள கோட்டின் வெளிப் படை ஆய்வைக்கொண்டு) இந்த நிலைமை இன்னும் மோசமாகிறது. உண்மையில் தொலைவு அதிகரிக்கும் விதமானது ஒளியின் வேகத்திற்குச் சமமாகும்போது, அதாவது 2000 மில்லியன் பார்செக்குகள் தொலைவில், ஒளியானது பலமிழந்து ஒன்றுமில்லாததாகி விடுகிறது ! 2,000 மில்லியன் பார்செக்குகள் தொலைவு ஆரமுள்ள தோலிலுள்ள விண்மீன்கள் வெளிவிடும் ஒளி யானது என்றுமே நம்மை வந்தடைவதில்லை. இந்தத் தொலைவில் ஒளி முழுவதுமாகத் தடுக்கப்படுகிறது. எனவே, நாம் முன் சொன்ன-அதாவது நம் விருப்பப்படி தோல்களின் எண்ணிக்கை அதிகப்படுத்தினால் அவைகளிலிருந்து கிடைக்கும் ஒளியின் அளவும் அதிகமாகும் என்ற கருத்து இனிப் பொருத்தமற்றதாகி விடுகிறது. எனவே, கிடைக்கும் ஒளியின் அளவானது ஒரு குறிப்பிட்ட அள வுக்குமேல் அதிகப்படுத்த முடியாது என்பதிலிருந்து, ஆல்பரின் புதிர் விடுபட்டு விடுகிறது. உண்மையில் அண்டங்கள் எப்படிப் பரவியிருக்கின்றன என்பது நமக்கு தெரிந்திருப்பதால் நமக்குக் கிடைக்கும் ஒளியின் அளவை நாம் கணக்கிடலாம். இது மிகவும் குறைவாக உள்ளது. இரவில் ஆகாயத்தை ஒளிப்படுத்துவதில் பங்கு பெறும், நம்முடைய கோள்களின் அமைப்பு முறைக்குள் ளிருக்கும் வாயுக்களால் பரப்பப்படும் சூரிய ஒளியைவிட இது மிகவும் குறைவாக உள்ளது. எனவே, ஆகாயத்தை ஒளிமயமாக்கு வதில் மிகத் தூரத்திலுள்ள அண்டங்கள் ஏற்படுத்தும் விளைவு மிகக் குறைவாக இருக்கிறது. பேரண்டம் விரிவதினாலேயே ஆகாயம் இரவில் இருட்டாயிருக்கிறது. இதுவே இப்புதிரின் எதிர் பாராத விதத்தில் தீர்க்கப்பட்ட பதிலாகும். இது இவ்வளவு எதிர்பார்க்க முடியாத விதமான விடையானதால், பத்தொன் பதாம் நூற்றுண்டு விஞ்ஞானிகளுக்கு இது தோன்றவேயில்லை. தினசரி நடைபெறும் நிகழ்ச்சிகளின் உண்மையான கவனிப்புகள் (observations) பேரண்டத்தின் பெரிய அம்சங்களோடு ஆழ்ந்து தொடர்பு கொண்டிருக்கின்றன என்று சொன்னபடியே நாம்

இவ்வத்தியாயத்தை ஆரம்பித்தோம். இந்த வாதத்தைச் சித்திரிக்கும் ஓர் உதாரணத்தை இங்கு நாம் காண்கிறோம்.

பேரண்டம் ஒரு தனியான தோற்றமுள்ளதா ? (Did the Universe have a singular origin ?)

முன்னால் சொல்லப்பட்ட ஒரு பகுதியில் பேரண்டமானது இப்பொழுதுதான் உண்டாயிற்று என்று ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தைக் குறிப்பிடுவதன் மூலம் ஆல்பரின் புதிரைத் தவிர்க்கலாம் என்று கவனித்தோம். ஆல்பரின் புதிரானது மேலான முறையில் தீர்க்கப்பட்டு விட்டதால் நமக்கு இயற்கையாகவே பேரண்டத்தின் தனித் தன்மைவாய்ந்த தோற்றத்தைப்பற்றிய கருத்தைப் புறக்கணிக்கத் தோன்றலாம். ஆனால், பேரண்டத்தின் விரிவானது எதிர்பாராத வகையில் அதன் தனித்தன்மை வாய்ந்த தோற்றத்திற்கு ஆதரவு அளிக்கிறது.

விரிவானது அண்டங்களின் தொகுப்பை ஒன்றைவிட்டு ஒன்றை விலக்கி எடுத்துச் செல்கிறது. அதனால் வெளியிடமானது காலம் செல்லச் செல்ல மேலும் மேலும் ஒன்றுமில்லாததாகி வருகிறது (என்று தோன்றுகிறது). இதன்படி, வெளியிடமானது இன்று இருப்பதை விடக் கடந்த காலத்தில் அதிக அடர்த்தியாக நிரம்பியிருந்திருக்க வேண்டும் (என்று தோன்றுகிறது). உண்மையில் பேரண்டமானது இப்பொழுதுபோல் எப்பொழுதும் விரிந்து கொண்டே இருந்திருக்குமானால் வெளியிடமானது பொருளால் இறுக்கமாகச் சிறிது காலத்திற்கு முன்புதான் அடைக்கப்பட்டிருக்கவேண்டும் (என்று தோன்றுகிறது).

மேலும் சிறிது பொருத்தமாக இவ்வாதத்தை உருவாக்க முயல்வோம். ஒரு குறிப்பிட்ட அண்டங்களின் தொகுப்பின் தொலைவை, அதன் தொலைவு அதிகரிக்கும் வீதத்தால் வகுக்கிறோம் என்று வைத்துக் கொள்வோம். படம் 64-ல் காணப்படும் நேர்க்கோட்டில் வரியும் தன்மையால் (linear property), எந்த ஒரு கொத்தை நாம் இக்காரியத்திற்காகத் தேர்ந்தெடுத்தாலும் அதிலிருந்து கிடைக்கும் முடிவு ஒன்றாகவே யிருக்கிறது. இதன் விளைவு நேரத்தின் ஒரு காலக்கூறு ஆகும். இதை ஹப்பிளின் மாறாத எண் (constant) என்கிறோம்; ஏனென்றால், இது எல்லாக் கொத்துக்களுக்கும் ஒன்றாக இருக்கிறது. அநேகமாகத் தற்கால அறிவுக்குப் பொருத்தமாகப்படக் கூடிய—இதன் மிகச்சரியான மதிப்பு சுமார் 7000 மில்லியன் ஆண்டுகளாகும். இக் குறிப்பிட்ட மதிப்பைத் தீர்மானிக்கும் விதத்தை அடுத்த அத்தியாயத்தில் விவாதிப்போம். இப்பொழுது நாம் காலத்தில் 7,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் பின்னோக்கிச் செல்வதாகக் கற்பனை செய்து கொள்

வோம் (இது ஒரு விநோதமான கருத ஆராய்ச்சியான செயல் அல்ல, பூமியானது சுமார் 4,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் வயதானது) அண்டவெளியின் நோக்குநர்கள், இப்பொழுதுள்ள ஒத்தும் வேக விதங்களை எப்பொழுதும் உடையவையாக இருக்குமானால், ஹப்பிளின் மாறுத எல்லை அடைந்த விதமானது, அண்டங்களின் எல்லாக் கொத்துக்களும் அச்சமயத்தில் ஒன்றின் மேல் மற்றொன்றாக அழுத்திக் கொண்டிருக்க வேண்டுமென்று கூறுகிறது. இது வெளியிடத்திலுள்ள பொருளின் அடர்த்தியை மட்டும் நிச்சயமற்ற—மற்றும் அளவில்லாத—பெரிய அளவில் அதிகரிக்கும்படி செய்கிறது. பல வகை ஆராய்ச்சியாளர்களின் கருத்துப்படி இயற்கை நிகழ்ச்சிகளின் நிலைமையானது பேரண்டத்தின் தனித்தன்மை வாய்ந்த தோற்றத்தைக் குறிப்பிடுகிறது. இக்கருத்தின்படி பேரண்டத்தின் விரிவு மற்றும் பெரிய அளவில் சீராக அமைப்பு முதலிய முக்கியமான அம்சங்கள் ஆரம்பத்தில் பேரண்டம் தோற்றுவிக்கப்பட்டபோது அதற்குக் கொடுக்கப்பட்டவையாகும். பேரண்டத்தின் ஆக்கமானது முற்றிலும் மாறுபட்டு நடைபெற்றிருக்கலாம்; பொருளானது பெரிய அளவில் சீராக அமைக்கப்படாது ஏற்றத்தாழ்வு என்னபடி பரப்பப்பட்டிருக்கலாம். ஆனால், இவை இவ்விதத்தில் நடைபெறுகவில்லை; ஏனென்றால் பேரண்டமானது அவ்விதத்தில் தோற்றுவிக்கப்படவில்லை. உண்மையில் பேரண்டமானது எண்ணிலடங்கா விதங்களில் ஏதாவது ஒரு விதத்தில் ஆக்கப்பட்டிருக்கலாம். ஆனால், அம்மாதிரி பேரண்டம் உண்டாக்கப்படவில்லை. அது நாம் காணும் விரிவு, மற்றும் சீராக அமைந்திருத்தல் ஆகிய தன்மைகள் மட்டுமே உள்ள விதத்தில் தோற்றுவிக்கப்பட்டது. ஏன் இப்படி என்று நாம் கேட்போமானால், ஒரு பதிலும் கொடுக்க முடிவதில்லை.

பேரண்டமானது தோற்றுவிக்கப்பட்ட சமயத்தில் பொருளின் அடர்த்தி தண்ணீரின் அடர்த்தியைவிட மிக அதிகமாக இருந்தது. விரிவு ஏற்பட ஏற்பட அடர்த்தி படிப்படியாகக் குறைந்து குறைந்து தண்ணீரின் அடர்த்தியை அடைந்தது. பிறகு படிப்படியாகத் தண்ணீரின் அடர்த்தியில் மில்லியனில் ஒரு பங்காகக் குறைந்தது. பின்பு மேலும் படிப்படியாக தண்ணீரின் அடர்த்தியில் மில்லியன் மில்லியனில் ஒரு பங்காகக் குறைந்தது. மேலும் குறைந்து, தண்ணீரின் அடர்த்தியில் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியனில் ஒரு பங்காகக் குறைகிறது. மீண்டும் கீழே படிப்படியாகச் சென்று மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியனில் ஒரு பங்காகக் குறைந்தது. இதற்கும் கீழே தண்ணீரின் அடர்த்தியில் சுமார் ஆயிரம் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியனில் ஒரு பங்காகக் குறைந்ததும், இடையில் ஏதோ ஒன்று நடந்தது—

அதாவது அண்டங்களின் கொத்துக்கள் ஏற்படுத்தப்பட்டன. அநேகமாக, இது சென்ற அத்தியாயத்தில் விவரிக்கப்பட்ட ஏதோ ஒரு முறையின் விளைவாக ஏற்பட்டிருக்கலாம். அண்டங்களின் கொத்துக்கள் சுருங்கியவுடன் கொத்துக்களின் இடையே உள்ள தூரங்களை அதிகரித்துக் கொண்டு விரிவு தொடர்ந்து நடைபெற்றது. இதுவே நாம் இப்பொழுது காணும் முறைப்பாடுகளின் நிலைமையாகும்.

இந்த வாதமானது உண்மையில் தப்பித்துக் கொள்ளமுடியாத ஒரு வாதமா என்று நாம் கவனிப்போம். வேறு மாற்று வழிகள் எவை? பேரண்டம் எப்பொழுதும் விரிந்து கொண்டே இருக்கிறது என்பதை மறுப்பதே ஒரு மாற்று வழியாகும். நியூட்டனின் பழமையான கருத்துக்களிலிருந்து புவிஈர்ப்பின் உண்மை இயல்பானது வேறுபடுகிறது என்று கொள்வோமானால், பொருத்தமான முறையில் இந்த மறுப்பைத் தெரிவிக்கலாம். நியூட்டனின் கொள்கையின்படி இரு இம்மிகளுக்கு (particles) இடையே எப்பொழுதும் ஈர்ப்பு நடைபெற வேண்டும் என்று சொல்வதற்கு பதிலாக, இரு இம்மிகளுக்கு இடையே உள்ள தூரம் மிக அதிகமாக இல்லாவிடில்தான் ஈர்ப்பு ஏற்படுகிறது; மற்றபடி விலகல் (Repulsion) ஏற்படுகிறது என்று வாதிக்கலாம். இரண்டு இம்மிகளை மட்டும் எடுத்துக் கொள்வதற்குப் பதில் பொருள் நிரம்பிய மேகத்தை நாம் எடுத்துக் கொண்டால் மேற் சொன்ன நிலைமையை, மேகத்தின் அடர்த்தி போதுமான அளவில் அதிகமாய் இருந்தால்தான் புவிஈர்ப்பானது மேகத்தைச் சுருங்கவைக்கிறது மற்றப்படி பொதுவாக ஒதுக்கும், மற்றும் கலைவு ஏற்படுகிறது என்று சிறிது மாற்றிச் சொல்லலாம். புவிஈர்ப்பின் ஒதுக்கம் (repulsive gravitation) நடைபெறத் தேவையான அடர்த்தி மிகவும் குறைவானதாக இருப்பதால், நம் ஞாயிற்றுக் குடும்பத்திலோ, நம் அண்டத்திலோ, அல்லது மற்ற அண்டங்களிலோ, புவிஈர்ப்பின் சாதாரண ஈர்க்கும் விதத்தைப் பெரிதும் திருத்தியமைக்க வேண்டும் என்ற கருத்திற்கே இடமில்லை.

இதை ஒத்த வாதங்களைப் பெரிய அளவில் பேரண்டத்திற்கும் உபயோகிக்கலாம். பேரண்டத்தின் சராசரி அடர்த்தியானது ஒரு அறுதியான மதிப்புக்குக் (critical value) தற்காலிகக் கோட்பாட்டால் நிர்ணயிக்கப்பட்ட மதிப்பு) குறைவாயிருந்தால், பேரண்டம் ஆரம்பத்தில் விரிவடையாமலிருந்தாலும் இப்பொழுது விரிவடையத் தொடங்கும். ஆனால், இதற்கு மாறாகப் பேரண்டத்தின் சராசரி அடர்த்தியானது அறுதியான மதிப்புக்குக் கிட்டத்தட்ட சமமாய் இருந்தால், ஆரம்பத்தில் அசைவற்று இருக்கு

காலமும் இப்பொழுதும் பேரண்டம் அசைவற்று இருக்கும். ஆனால், இந்தச் சமநிலையானது நிலையற்றதாகும்— பேரண்டத்தைச் சிறிது விரிவடையச் செய்தால் அது எப்பொழுதும், அதிகரிக்கும் வேகத்தில் விரிவடைந்து கொண்டேயிருக்கிறது. மாற்றாக அதைச் சிறிது சுருங்கச் செய்தால், எப்பொழுதும் அதிகரிக்கும் வேகத்தில் சுருங்குகிறது.

இவ்வகையில் புவியீர்ப்பு விதியை மாற்றும் காரணம், பேரண்டத்தின் இப்பொழுது காணப்படும் விரிவு தொடக்கத்தில் ஒரு வெடிக்கும் நிலை என்பதின் தேவையே இல்லாமல் நடைபெறுகிறது என்பதை விளக்கவேயாகும். இக்கருத்தை மனத்தில் கொண்டு கடந்த காலத்திற்குச் சென்றோமானால், இப்பொழுதிருப்பதைவிட அப்பொழுது விரிவு மெதுவாய் இருந்ததால் பொருளின் அடர்த்தியானது எல்லையில்லாதபடி அதிகரிக்க வில்லை என்று தெரிகிறது. நடந்த காலத்தில் போதுமான சமயத்திற்கு முன் வீக்கம் ஏற்படவில்லை, ஏனெனில், பேரண்டமானது சற்றுமுன் விவரித்த சமநிலையிலிருந்து தொடங்கியது.

அண்டங்களை யுற்பத்திக்கும் ஒரு சிறந்த வழியை அமைத்துக் கொடுப்பதே இக் கொள்கையின் சிறப்பாகும். சமநிலைப்பட்ட ஆரம்ப நிலையில் அண்டங்களின் கொத்துக்கள் சுருங்க முடியும் என்பதைக் காட்டலாம். ஏதோ ஒரு புரியாத காரணமானது பேரண்டத்தைச் சுருங்கச் செய்வதற்குப் பதிலாக விரிவடையச் செய்து அதைத் தொடர்ந்து செய்துவிட்டது என்று பெரும்படியாக நாம் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டியிருந்தாலும் உட்பிரதேசங்களில் (local regions) இதற்கு எதிரிடையான நிலைமை ஏற்பட்டிருக்கலாம். அவ்வாறு உட்பிரதேசங்கள் விரிவதற்குப் பதில் சுருங்க ஆரம்பித்து அதன் மூலம் அண்டங்களின் கொத்துக்கள் தோன்றியிருக்கலாம். வெடிப்புக் கொள்கையில் (explosion theory) அண்டங்களின் கொத்துக்கள் உண்டாவதற்குப் பொருளின் அடர்த்தி அண்டத்தின் அடர்த்தியில் ஆயிரம் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியனில் ஒரு பகுதிக்கு (அல்லது ஒருகால் அதற்கும் குறைவான அடர்த்திக்கு)ச் சமமாகும்போது ஒரு காரணமும் இன்றி ஏற்படும் ஒரு தனிப்பட்ட முறை (an adhoc process) என்று நாம் கூறலாம். மேற்சொல்லப்பட்ட விதிகளின் மாற்றியமைக்கப்பட்ட புவியீர்ப்புக் கொள்கையில், அண்டக் கொத்துக்களின் தோற்றத்தைப் பற்றிய ஓர் இயற்கையான விளக்கம் கொடுக்கப்படுகிறது. சமநிலையில் நிலைமை, இடச் சார்புள்ள பிரதேசங்களில் சமநிலையானது சுருக்கம் உண்டாகத் தூண்டப்படலாம் என்ற சாத்தியக்கூற்றைப் பெற்றிருக்கிறது.

பேரண்டத்தின் தனித் தன்மைவாய்ந்த மிக அடர்த்தியான வெடித்தலின் தோற்றம் (Super dense singular explosive origin) என்னும் வாதத்திலுள்ள இரண்டாவது தவறை விவாதித்து இந்த அத்தியாயத்தை முடிப்போம். மேலே சொல்லியபடி புவியீர்ப்புக் கொள்கையில் மாற்றம் ஏற்படுத்தாமல் விரிவானது பேரண்டத்தின் தனித்தன்மை வாய்ந்த மிக அடர்த்தியான வெடித்தலின் தோற்றம் என்பதைக் குறிப்பிடுகிறது என்று வாதிப்பது மேலும் தவறானதாகும். இப்பொழுதுள்ள எல்லாப் பொருள்களும் கடந்த காலத்தில் இருந்திருக்காவிட்டால் இந்த அனுமானமானது (inference) பொருத்தமற்றதாகும்.

எனவே, இப்பொழுதுள்ள அணுக்களில் பல கடந்த காலத்தில் இருக்கவில்லை மற்றும் வருங்காலத்தில் இருக்கப்போகும் பேரண்டத்தின் அணுக்களாவது இப்பொழுது இல்லை என்ற கருத்தைப் பரிசோதிப்பது முக்கியமானதாகும். கடந்த காலத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் வெடித்தலினால் அணுக்கள் தோற்றுவிக்கப்பட்டன என்பதற்குப் பதில் பேரண்டத்தில் அணுக்களானது தொடர்ந்து தோன்ற வேண்டுமென்று இக்கருத்து கூறுகிறது. இங்கு ஒரு முக்கியமான வேறுபாடு உள்ளது பேரண்டத்தின் வெடித்தலின் ஆக்கமானது பகுப்பாராய்ச்சிக்கு (Analysis) உட்பட்டதில்லை. அது ஏதாவது ஒரு சட்டத்தின் மூலம் பணியச் செய்ய வேண்டிய தொன்றாகும். புவியீர்ப்பு, அணுப் பௌதிகம் (nuclear physics), மின்சாரம் மற்றும் காந்தக் கவர்ச்சி முதலியவைகளின் விதிகளைப் போலவே தர்க்கரீதியான மதிப்புடைய ஒரு குறிப்பிட்ட விதியை, பொருளின் தொடர்ச்சியான தோற்றத்தைக் குறிப்பிடும்போது ஆக்கமானது அனுசரித்து நடக்க வேண்டும். இந்தக் தனிப்பட்ட பண்பை எடுத்துக்காட்டுதல் மிக முக்கியமானதாகும், மற்றும் விபரமாக எடுத்துக் காட்டப்பட வேண்டியதாகும்.

பௌதிகத்தின் விதிகள் கணிதச்சமன்பாடுகளின் மூலம் தெரிவிக்கப்படுகின்றன. அச்சமன்பாடுகளில் காணப்பாடுகளில் காணப்படும் குறிகள் (symbols) ஒன்று நேரிடையாகவோ அல்லது மறைமுகமாகவோ, கவனித்தால் (Observation) தீர்மானிக்கப் படக்கூடிய பொருள்களின் அளவுகளோடு தொடர்புடையதாய் இருக்கின்றன. பழைய காலப் பௌதிகத்தின் தர்க்கவாதமானது நேரடியானது. நேரத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட கணத்தில் கவனிக்கப்படும் பொருள்களின் அளவுகள் தெரிந்தால் இந்தச் சமன்பாடுகள் எல்லா நேரங்களிலும் அப்பொருள்களின் மதிப்புகளை கணக்கிட பயனுள்ளவாய் இருக்கவேண்டும், அதாவது பௌதிகத்தின்

விதிகள் ஒரு தெரிந்த நிலையிலிருந்து எதிர்காலத்தில் என்ன நடக்கப் போகிறது என்பதை முன்கூட்டித் தெரிவிக்க வழிசெய்கின்றன. நம் தற்கால நாகரிகத்தில் பௌதிகம் ஆதிக்கம் செலுத்தக் கூடியதாக அமைந்திருக்கக் காரணம் அதனுடைய மிகச்சரியாக வருமுன்கூறுவதின் திறமையேயாகும். கடந்தகால மக்களின் சமூகங்கள் கற்காலம் என்றும் வெண்கலக்காலம் மற்றும் இரும்புக் காலம் என்றும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இந்நாளைய நாகரிகத்தை பௌதிகத்தின் காலம் என்று மிகப்பொருத்தமாகக் குறிப்பிடலாம். கடந்த காலத்தில் வருமுன் கூறுவோருக்கும், இறந்தவர்களின் ஆவியின் உதவி கொண்டு நிகழப் போவதை அறிவிப்போருக்கும் குறைவேயில்லை. ஆனால், இன்று பௌதிகமானது மனிதனின் அனுபவத்தில் நம்பக்கூடிய விதத்தில் சிறப்பாக வருமுன் கூறக்கூடியது என்று நிருபித்திருக்கிறது.

எது பௌதிகத்தின்விதிகளை நிர்ணயிக்கிறது? உதாரணமாகப் புவிஈர்ப்பு என்னும் நிகழ்ச்சியைக் குறிப்பிடும் கணிதச் சமன்பாடுகளின் மற்றும் கோளங்கள் எவ்வாறு சூரியனைச் சுற்றி நகருகின்றன என்பதைத் தீர்மானிக்கும் சமன்பாடுகளின் வடிவத்தை எது நிர்ணயிக்கிறது ? ரேடியோ அலைகளின் பரப்புதலைக் குறிப்பிடும் கணிதச்சமன்பாடுகளின் வடிவத்தை எது தீர்மானிக்கிறது ? சமன்பாடுகளால் அறியப்படும் வருமுன் கூறுதல்களின் வெற்றி என்பதே இக்கேள்விகளுக்கு மிகச்சாதாரணமாய் கூறக்கூடிய பதிலாகும். இயற்கைத் தேர்வு (natural selection) என்னும் அறிவாற்றலுள்ள முறையே பௌதிகத்தின் விதிகளை அடக்கி ஆள்கிறது. இவ்விதிகளின் சரியானபடி வருமுன் உரைக்கும் போது அவை பிழைத்து வாழ்கின்றன. அவை தவறாக வருமுன் கூறினால் அழிந்து ஒழிகின்றன. பின்பு பௌதிக ஆராய்ச்சியாளர்கள் தவறாய் வருமுன் கூறாத புதிய விதிகளைத் தீர்மானிக்க முயல்கின்றனர். இப்பொழுது நாம். பேரண்டத்தின் பொருளின் தோற்றத்தைப் பற்றிய இரண்டு ·கருத்துக்களுக்கும் இடையேயுள்ள வித்தியாசத்தைக் காணக்கூடிய நிலையில் இருக்கிறோம். பொருளின் தோற்றமானது வெடித்தலினால் உண்டானது என்று கூறும்போது ஆரம்பநிலைகளினால் தோற்றமானது தெரிவிக்கப்படுகிறதேயன்றி, பௌதிகத்தின் விதிகளினால் தெரிவிக்கப்படவில்லை. தோற்றமானது தொடர்ந்து நடைபெறுவது என்று கூறும்போது ஆக்கத்தை ஆரம்பநிலையாகத் தெரிவிக்கச் சாத்தியமில்லை; ஏனெனில், ஆக்கமானது எல்லா நேரங்களிலும் ஏற்படுகிறது. எனவே, தொடர்ந்து நடைபெறும் தோற்றம் சமன்பாடுகளின் மூலம் தெரிவிக்கப்படவேண்டும் அச்சமன்பாடுகளின் வருமுன் கூறுதல்கள் சரியானவை அல்லது தவறானவை என்று நிருபிக்கக்கூடியபடி

அமைந்திருக்க வேண்டும். மற்றும் அச்சமன்பாடுகளின் தன்மைகள் வெளிக்குறைகளைவால் கணிக்கப்படக் கூடியவைகளாய் இருக்கவேண்டும். ஒரு சந்தர்ப்பத்தில் தோற்றத்தை ஏதாவது ஒரு சட்டத்திற்கு உட்படுத்தினும் இங்கு மௌதிக விதிகளை மாற்றியமைக்க வேண்டியதில்லை. மற்றச் சந்தர்ப்பத்தில் ஏதாவது இருசட்டமில்லாதிருந்தால், மௌதிக விதிகளை மாற்றியமைக்க வேண்டியிருக்கிறது. இவ்வாறு பொருளின் தோற்றத்தை, புவியீர்ப்பு, மின்காந்தக்கவர்ச்சி (electro magnetism) மற்றும் அணுக்களின் கருக்களை ஒன்றுசேர்ப்பிணைத்து வைத்துள்ள விசைகள் முதலியவற்றை ஆராயும் முறையிலேயே ஆராயமுடிகிறது. கடைசி அத்தியாயத்தில் இவ்விரு கருத்துக்களிடையே உள்ள வேறுபாட்டைப் பற்றி மேலும் கூறவேண்டியிருக்கிறது. தொடர்ச்சியான தோற்றம் என்ற கொள்கையானது பொருளின் ஆக்கத்தை அடக்கியாளக்கூடிய மௌதிகரீதியான விதியைத் தீர்மானிக்கும் சர்ச்சைக்குரிய பிரச்னைக்குப் பதிலளிக்க வேண்டும் என்று தெரிந்து கொள்வதே இச்சமயத்திற்குப் போதுமானது. முழுவதும் திருப்தியளிக்கக் கூடிய விதத்தில் அப்படிப்பட்ட மௌதிகரீதியான விதியை ஏற்படுத்தக் கூடியவழி இதுவரை கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை என்பதை நாம் ஒப்புக்கொள்ளவேண்டும். இதுவரையில் செய்யப்பட்டுள்ள முயற்சிகள் முரண்வேற்றுமையைக் கூடியவை — மற்றும் இம்முயற்சிகள் எதிர்நிலையில் முரண்தோற்றமுடையக் கூடும் என்று கூறுமளவு நிச்சயமாய் ஒவ்வொருவரும் கொள்ளக்கூடியவையாகும். இதுவும் ஒரு சர்ச்சைக்குரிய விஷயமாகும். இதைப் பற்றி கடைசி அத்தியாயத்தில் எடுத்துக் கொள்வோம். மேற்கூறிய சமன்பாடுகள் முழுமையாய்ச் சரியில்லாமல் இருந்தாலும் மிக சுவாரசியமான பலன்களைக் கொடுக்கக்கூடியவை என்பதே இப்பொழுதைக்குப் போதுமானதாகும்.

முதலாவது சொல்லப்படுவது பேரண்டம் விரியவேண்டும் என்பதாகும். பொருளின் நிலையான தோற்றமானது பேரண்டத்தை விரியுமாறு உந்துகிறது. தோற்றத்தின் விளைவானது, வெளியிடத்தை விரிவடையச் செய்து அதன் மூலமாய் அண்டங்களின் கொத்துக்களைத் தள்ளிவிட்டு ஒன்று விலகிச் செல்லும்படி செய்கிறதாகும். முன்பு நாம் உபயோகித்த கனி (pudding) விரிந்து பருமனுவதின் ஒப்புமையின் பாகத்தை இந்த வெளியிடத்து விரிவானது ஏற்றுக்கொள்கிறது. வெளியிடத்துத் தோன்றுமாறு செய்யும், புதிய அணுக்களின் நிலையான சக்தியின் தன்மையானது, வெளியிடத்திற்கு இயக்கமுள்ள மௌதிகத் தன்மைகளை அளிக்கிறது. இனிமேலும் வெளியிடமானது பொருளைக் கொண்ட அசைவற்ற ஓர் இருப்பிடமாக இருப்பதில்லை.

பொருளின் தோற்றமானது பேரண்டத்தை விரிவடையச் செய்வதோடன்றி அது விரியும் வேகத்தின் வீதத்தையும் நிர்ணயிக்கிறது. பேரண்டம் தொடக்கத்தில் ஏதோ ஒரு வீதத்தில் விரிந்து கொண்டிருந்தால், பொருளின் தோற்றமானது ஆரம்பக் கட்டுப்பாடுகளுக்கு ஏற்ப, ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பை அடையும் வரை இவ்வீதத்தைக் குறைக்கவோ அல்லது அதிகரிக்கவோ செய்கிறது. இதன் பிறகு அவ்வீதமானது சீராக அதே அளவில் நிலைத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இவ்வாறு அடையப்பட்ட விரியும் வீதமானது ஆரம்பநிலைகள் எவ்வாறு இருந்தபோதிலும் அதற்கேற்ப மாறாத ஒரே மதிப்பு உள்ளதாயிருக்கிறது. வெளியிடத்திலுள்ள பொருளின் அடர்த்தியானது மாறாமல் இருந்து வருமாறு அந்த மதிப்பு அமைந்துள்ளது. எனவே, வெளியிடத்திலுள்ள பொருளின் சீரான தோற்றமானது வெளியிடம் மேலும் மேலும் பொருளால் நிரப்பப்படும் நிலையை ஏற்படுத்துவதில்லை. அல்லது வெளியிடம் மேலும் மேலும் வெறுமையாகும் நிலையையும் ஏற்படுத்துவதில்லை. பொருளின் சீரான தோற்றத்தை மிகச் சரியாக ஈடுசெய்வதற்கு, விரியும் வீதமானது சரியளவாக அமையத் தூண்டப்படுகிறது. மேலே விவாதிக்கப்பட்ட இருநிலையான கொள்கைகளிற் போன்ற சிரத்தையுடன் விளக்கப்படவேண்டுமெனத் தெரிவிக்கக்கூடிய விளைவுகளை உடைய பொருளின் தொடர்ச்சியான தோற்றமானது ஒரு முக்கியமான காரணியென்று நாம் எடுத்துக் கொள்ளக்கூடாது. ஒரு சக்தியாயிருந்து காரணத்தை ஒதுக்கொண்ட கொள்கையின் விளைவாக ஏற்படும் குறிப்பிடும்படியான சமநிலையின் தோற்றம் கொடுக்கிறது.

பொருளின் தொடர்ச்சியான தோற்றத்தின் முழு சிரத்தையைப்பற்றி எழுது மாறுபட்ட இரு கருத்துக்களைப் பான்டி (Bondi) மற்றும் கோல்ட் (Gold) என்பவர்கள் எடுத்துக் காட்டியுள்ளார்கள் என்பதை நாம் இங்குக் குறிப்பிடவேண்டும். 'அண்டக் கோட்பாடு' என்னும் தலைப்பில் எழுதப்பட்ட ஒரு புத்தகத்தில் விதியாளர் (பான்டி விளக்கியுள்ளார். மேலே சொல்லப்பட்ட வளர்ச்சியானது என்ஜூரை மொத்தக் கருத்தைத் தெரிவிக்கிறது. எனினும் இக் கருத்தானது W. H. மெக்ரியா (W. H. Macrea) மற்றும் எப். பிரானி (F. Pirani) என்பவர்களின் கருத்துக்களோடு மாறுபட்டதாகும்.

வெளியிடத்தின் பொருளின் சராசரி அடர்த்தியை மாறாமல் ஒரே நிலையில் வைத்திருப்பதானது உறுதிநிலைக் கொள்கை (Steady state) என்ற எண்ணத்தை அடைய உதவியாயிருக்கிறது. எல்லாச் சமயங்களிலும் வெளியிடத்தின் பொருளின் சராசரி

அடர்த்தியானது ஒரே மாதிரியாய் இருப்பதால், கடந்த காலத்தைப்போலவே நிகழ்காலமும் எதிர்காலமும் அண்டங்களின் கொத்துக்கள் சுருங்க உதவும்படி இருக்கவேண்டும். எனவே, இக் கொள்கையானது, அண்டங்களின் கொத்துக்கள் கடந்த காலத்தில் ஏற்பட்டதோடு மட்டுமல்லாது தற்போது ஏற்பட வேண்டுமென்றும், எதிர்காலத்திலும் ஏற்பட்டுக்கொண்டிருக்க வேண்டுமென்றும் தெரிவிக்கிறது. சுமார் 6,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் எல்லா அண்டங்களும் சுருங்கியிருக்க வேண்டுமெனக் கூறும் மற்ற இரு கொள்கையிலிருந்து இக் கொள்கையானது இவ் விதமாய் முக்கியமாக வேறுபடுகிறது. அண்டக் கொத்துக்களின் மையங்களுக்கிடையே உள்ள தொலைவுகளை விரிவானது அதிகரிக்கிறது என்றாலும் ஒரு பெரிய வெளியிடப் பிரதேசத்திற்குள் உள்ள அண்டங்களின் சராசரி எண்ணிக்கை காலத்தினுல் மாறுபடாமல் இருக்கிறது என்று உறுதி நிலைக் கொள்கை (Steady stato theory) கூறுகிறது. இவ்விதமாக நாம் ஒரு பேரண்டத்தை அடைகிறோம். இதில் உள்ள அண்டக் கொத்துக்கள் மாறுகின்றன. காலத்திற்கு ஏற்பத் தோன்றுகின்றன. ஆனல், பேரண்டமானது மட்டும் மாறாமலிருக்கிறது. பேரண்டத்திற்கு ஆரம்பமில்லை மற்றும் அதற்கு முடிவு ஏற்படாது என்ற காரணத்தினுல், பேரண்டத்தின் ஆரம்பம், மற்றும் முடிவுபற்றி எழுப்பப்பட்ட பழைய கேள்விகள் அர்த்தமற்றதாய்ப் போவதோடு, ஓர் ஆச்சரியமான விதத்தில் விடையளிக்கப்படுகின்றன. அண்டங்களின் ஒவ்வொரு கொத்துக்கும், ஒவ்வொரு விண்மீனுக்கும், ஒவ்வொரு அணுவுக்கும் ஓர் ஆரம்பம் இருந்தது. ஆனல், பேரண்டத்திற்கு மட்டும் ஆரம்பம் இல்லை. பேரண்டமானது அதன் பகுதிப்பொருள்களிலிருந்து சற்று மேம்பட்டதாகும். இது ஒருவேளை எதிர்பாராத முடிவாயிருக்கலாம்.

19. அண்டத்தில் காட்சி ஆய்வுகள்
(Observational Tests in Cosmology)

அடர்த்தி எப்பொழுதாவது மிக அதிகமாக இருந்ததா ? (Was there ever a superdense state ?)

பேரண்டத்தில் அதிக அடர்த்தி இருந்ததாக யாதொரு குறிப்பும் காணப்படாதது வெடிக்கோட்பாட்டைப்பற்றி ஒரு சந்தேகத்தை ஏற்படுத்தக்கூடிய நிலையாகும். பேரண்ட விரிவின் முன் நிலைகளில் மிக அதிகச் சராசரி அடர்த்தியை உடைய அண்டங்கள் உருவாகி இருக்கலாம் என்று நாம் எதிர்பார்க்கலாம். ஆனால், இது உண்மையல்ல. அண்டங்களின் சராசரி அடர்த்திகள் உண்மையில் மிகக் குறைவேயாகும். அதாவது தன்வெளியின் அடர்த்தியில் ஒரு மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியனில் ஒரு பகுதியாகும். இதற்கு என்ன விளக்கம் ? பேரண்டம் ஏன் பொருளின் சராசரி அடர்த்தி தன்வெளியின் அடர்த்தியில் ஒரு மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியனில் ஒரு பகுதியைவிடக் குறைவாக அதாவது சுருக்கமாக இருந்திருக்க வேண்டும் ?

இந்தக் கேள்விகளுக்கு ஒரு சாமர்த்தியமான பதில் ஜார்ஜ் காமோ (George Gamow) என்பவர் அளித்திருக்கிறார். இவர் மிக அடர்த்தியான நிலையில் பேரண்டம் அதன் முன் காலங்களில் இருந்தபொழுது கதிர்வீச்சுத்தான் ஆற்றலின் முக்கிய வெளிப்பாட்டு அமைப்பாகும், பொருளல்ல என்ற கருத்தைத் தெரிவித்திருக்கிறார். காமோவின் கொள்கையின்படி, பேரண்டம் விரிவடையும் பொழுது கதிர்வீச்சின் முக்கியத்துவம் குறைகின்றது. பின்னர் ஆற்றலின் முக்கிய மூலப்பொருள், பொருளினுடைய தன்மை பெறுகின்றது. இந்த நிலை ஏற்படும்வரை அண்டக் கொத்துக்கள் கருக்க முடியாது.

ஒரு விலக்குப் பிரச்சினையாக ஏன் பேரண்டம் விரியும்பொழுது கதிரியக்கத்தினால் கடத்திச் செல்லப்படும் ஆற்றல் குறைகின்றது என்று கேட்கலாம். கதிரியக்க ஆற்றல் என்னவாகிறது? இது பேரண்டத்தை விரிய உதவுகிறது. எல்லா அண்டங்களின் விண்மீன்களும் தொடர்ந்து வெளிப்படுத்தும் கதிரியக்கத்தைப்பற்றிய ஒரு கேள்வியையும் இது தீர்த்துவிடுகின்றது. ஒரு விண்மீனின் கதிரியக்கம் வான வெளியில் பயணம் செய்யும்பொழுது என்ன வாகிறது? அது எங்குச் செல்கின்றது? அது ஒரு மாறுதலும் அடையாமல் முடிவில்லாதபடி பயணம் செய்வதில்லை. ஏனென்றால், சிவப்புநிற-ஒதுக்கமுறை (red shift process) என்ற ஒரு நிலையை இது அடைகின்றது. அதாவது, ஒளி அதிகத் தூரம் செல்லச் செல்ல, அதன் மின் அதிர்வு (electric vibration) கள் குறைந்த வேகத்தை அடைகின்றன. ஆகையினால் சிவப்பு நிற-ஒதுக்க முறை ஒளியை அதன் ஆற்றலை இழக்கச் செய்கின்றது. மறுபடியும் ஆல்பரின் புதிர் ஏற்படுகிறது-அதாவது நம்மை ஆல்பரின் புதிரிலிருந்து காக்கும் ஒரு துண்டிப்பு முறையாகும் (cut off process). ஒளி இழக்கும் ஆற்றல் பேரண்டத்தின் விரிவிற்குப் பயன்படும். ஆனால், தற்கால விண்மீன்களின் ஒளிதான் விரிவிற்கு மூலகாரணமாகும் என்று தவறாக நாம் நினைக்கக் கூடாது. இது பேரண்டத்தைத் தற்போதைய அளவில் விரியச் செய்யத் தேவைப்படும் ஆற்றலில் ஒரு சத வீதத்தில் நூற்றில் ஒரு பகுதிக்கும் குறைவானதாகும். இதன் விளைவு மிகவும் குறைவு.

நம்முடைய முக்கிய வாதத்தை மறுபடியும் எடுத்துக் கொள்வோம். காமௌ தெரிவித்த கருத்தின்படி அதிக அடர்த்தியுடைய அண்டங்களைப்பற்றி விளக்க முடியாது என்று நினைத்தாலும் இவைகளைப்பற்றி விளக்கம் கொடுத்துத்தான் ஆக வேண்டும் என்ற ஒரு சந்தேகம் ஏற்படுகின்றது. பேரண்டம் ஒரு வெடிப்பிற்குப் பிறகு ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும் என்ற ஒரு பிரம்மாண்டமான நிலையைப்பற்றிய நேரிடை ஆதாரங்கள் யாவும் நம்மிடமிருந்து மறைக்கப்பட்டுள்ளன என்பது மிகவும் விந்தையாக இருக்கின்றது.

சமீப காலம்வரை, ஹைட்ரஜனைத் தவிர மற்ற எல்லாத் தனிமங்களையும் ஓர் அடர்த்தி மிகுந்த நிலைக்கு ஓர் ஆதாரமாக எடுத்துக் கொள்ளலாம் என்ற கருத்து நிலவியது. காமௌ, ஆல்பர், ஹெர்மன் இவர்களின் கருத்தின்படி பேரண்டத்தின் முதல் காலங்களில் எல்லாத் தனிமங்களும் சுயேச்சையான நியூட்ரான்களினால் ஆக்கப்பட்டவை (நியூட்ரான்கள் ஹைட்ரஜனாக மாறுகின்றன)—அதாவது முதல் 20 நிமிடங்களில்

எனலாம்; காமெளவின் வார்த்தைகளில், 'வறுக்கப்பட்ட வாத்து அல்லது உருளைக்கிழங்குகள் இவைகளை வேகவைப்பதற்குள்' இந்த வகையில் அதிக அடர்த்தியுள்ள நிலைக்குச் சின்னங்கள் இருக்கின்றன. அதாவது ஹைட்ரஜனைத் தவிர இதர தனிமங்கள்தான் இந்தச் சின்னங்கள் எனலாம்.

இந்தக் கருத்துச் சரியானதென்றால் எல்லா விண்மீன்களும் ஒரே அளவில் உலோக அணுக்களை உடையனவாகும் எனலாம்; கனத் தனிமங்களை உருவாக்கப் பயன்படுத்தப்பட்ட முறை முழுமையானதென்றால் கூட்டமைப்புகளில் இடச்சார்புள்ள மாறுபாடுகள் இருக்க முடியாது. ஆனால், இது சரியல்ல. அண்டத்தில் முதலில் ஏற்பட்ட விண்மீன்கள் கனத் தனிமங்களை மிகக் குறைந்த அளவில் உடையனவாகும் என்று பார்த்தோம்; விண்மீன்களில் கனத் தனிமங்கள் உருவாக்கப்பட்டு, மீப்புதுமீன்களால் இவை வான வெளியில் பரப்பப்படுவதால், விண்மீன்கள் ஹைட்ரஜனைக் காட்டிலும் இதர கனத் தனிமங்களை மேலும் மேலும் அதிக அளவில் பெறுகின்றன. இந்த அளவு இவை எவ்வளவு பின்பு பிறக்கின்றன என்பதைப் பொறுத்தது. இது இளமையான விண்மீன்களுக்கும், முதிர்ந்த விண்மீன்களுக்கும், ஒரு நல்ல மாறுபாட்டினைக் காட்டுகின்றது. அதனால் கனத் தனிமங்களின் உருவாக்கம் அதிக அடர்த்தியுடைய ஒரு பேரண்டத்தின் முதல் காலங்களில்தான் ஏற்பட்டிருக்கவேண்டும் என்பதை உறுதியாகச் சொல்ல முடியாது. நன்றாகச் சொல்லக்கூடியது யாதெனில் பழைய விண்மீன்களில் காணக்கூடிய தனிமங்களில் சிறிய அளவு அடர்த்தி அதிகமான காலத்திற்குத் தொடர்பானது எனலாம். ஆனால், இது நம் முதல் கூற்றையும் மிகவும் வலுவற்றதாகச் செய்து விடுவதினால் இது அடர்த்திமிக்க நிலைக்கு மிகவும் விரோதமானது என்று கருதவேண்டும். பழைய விண்மீன்களில் உள்ள குறைந்த அளவு கனத் தனிமங்களைப்பற்றி வேறு எந்த வழியிலும் விளக்க முடியாவிட்டால் இந்த வாதத்தைக் காப்பாற்றிவிடலாம். ஆனால், இவை இன்னொரு வழியில் விளக்கி விடலாம். வெகு சுலபமாக உறுதியான நிலை (steady state theory) என்ற கோட்பாட்டின் படி விளக்கி விடலாம். இதை விரிவாக ஆராயலாம். ஏனென்றால், இது முக்கியமாக அத்தியாயம் 12-ல் விடப்பட்ட ஒரு கேள்விக்குப் பதில் அளிக்கின்றது.

பொருளின் தொடர்ச்சியான ஆக்கத்தைப்பற்றி வாதிக்கும் பொழுது தொடக்க நிலையில் இதன் கூட்டமைப்பு யாது என்பதைப்பற்றி குறிப்பிடவில்லை. இது பொருள்களில் மிக எளிதான ஹைட்ரஜன் என்ற எடுகோளை இப்பொழுது எடுத்துக்கொள்

வோம். நியூட்ரான்களைச் சமப் பொருத்தமாக எடுத்துக்கொள்ள லாம். ஏனென்றால், நியூட்ரான்கள் ஒரு β முறையினால் ஹைட் ரஜனாக சிதைவடைகின்றன. ஆனால், ஆற்றல் நிலையில் ஹைட் ரஜன் அணுக்களைவிட நியூட்ரான்கள் ஒரு உயர்ந்த நிலையைக் குறிக்கின்றன. ஆகையினால் தாழ்ந்த நிலையில் பொருள் இந்த இரண்டு நிலைகளில் ஒன்றான ஹைட்ரஜன் அணுக்களாகத் தோன்றும் என்று வைத்துக் கொள்வோம். வானவெளி முழுவதும் பொருள் ஹைட்ரஜனாகவே முதலில் தோன்றுகிறது என்ற உண்மையினால் அண்டம் முழுவதும் அது தோன்றும் காலத்தில் முற்றிலும் சுத்தமான ஹைட்ரஜனையோ உடையதாகும் என்று சொல்ல முடியாது இதற்கு முன்பாக அண்டங்களை இருக்க வில்லையானால், இது சரியெனலாம். ஆனால், உறுதி நிலைக் கோட் பாட்டின்படி ஒவ்வொரு அண்டத்திற்கும் முன்பாக இதர அண்டங்கள் இருக்கும். இவை ஏற்கெனவே கனத் தனிமங்களை உற்பத்தி செய்திருக்கும். இவற்றில் சில கனத் தனிமங்கள் இவை களின் மூல அண்டங்களின் வாயுப் பொருள்களுடன் நிச்சயமாக அடைக்கப்பட்டிருக்கும். ஆனால், ஒரு சிறிதளவு இவைகளை விட்டு முற்றிலும் வெளியேறி விட்டிருக்கும். இது மூல அண்டங்களி லிருந்து மட்டுமன்றி இது உறுப்பினராக இருக்கும் அண்டக் கொத்திலிருந்தும் வெளியேறிவிடும். முக்கியமாக நீள்வட்ட அண்டங்களில் கனத் தனிமங்களை அடைத்துவைக்க அதிக வாயு இல்லாததால், இந்த உண்மை இவைகளுக்குப் பொருத்தமாகும். வானவெளி ஹைட்ரஜன் அணுக்களினால் மட்டுமன்றி அண்டங் களிலிருந்து வெடிக்கும் விண்மீன்களினால் வெளித் தள்ளப்படும். கனத் தனிமங்களையும் உடையதாகும். ஆனால், பின் சொல்லப் பட்டவை, முன் சொல்லப்பட்டவைகளைவிட மிகக் குறைவாகும். ஆனால், இது நம் அண்டங்களின் பழைய விண்மீன்களில் காணப் படும் தனிமங்களின் குறைந்த அளவைப் பார்க்க அதிகமாகும்.

இந்த வாதத்தைக் காட்சி ஆய்வு மூலம் சரிபார்க்கலாம். நம்முடைய அண்டத்தின் பழைய விண்மீன்களிலுள்ள தனிமங்கள் பேரண்டம் அதிக அடர்த்தியை உடைய நிலையில் உற்பத்தியாக்கப் பட்டிருந்தாலும் இளம் விண்மீன்களில் காணப்படும் கனத் தனிமங்களில் பெரும்பாலும் வெடிக்கும் விண்மீன்களிலிருந்து உற்பத்தியாக்கப்பட் டிருந்தாலும் ஒரு கனத் தனிமத்திற்கும், மற்றொரு கனத் தனிமத்திற்கும் உள்ள விகிதம் இரண்டிலும் வெவ்வேறாகும்—ஏனென்றால், இரண்டு வெவ்வேறான முறைகளில் கனத்தனிமங்கள் உற்பத்தியாக்கப்பட் டிருந்தால் இவைகளின் அளவில் வித்தியாசங்கள் இருக்கவேண்டும். 'முதல்' விண்மீன்கள் எனப்படும் புதிய சுருக்கமடைந்த அண்டத்திலிருந்து ஏற்பட்ட

விண்மீன்களில் காணப்படும் கனத் தனிமங்கள் முன்னிருந்த அண்டங்களின் புது மீன்களிலிருந்து உற்பத்தியாக்கப்பட்டிருந்தால், உறுதி நிலைக் கோட்பாட்டிற்குப் பொருத்தமான வகையில், அப்பொழுது முதிர்ந்த விண்மீன்களிலும், இளமையான விண்மீன்களிலும் உள்ள கனத் தனிமங்களில் குறிப்பிடத் தருந்த யாதொரு வித்தியாசமும் காணப்படலாகாது. இவைகளின் தனி அளவில் வித்தியாசமிருப்பினும், இரு தனிமங்களுக்குள் ஒப்பிடக் கூடிய அளவில் வித்தியாசமிருக்கக் கூடாது. இங்குத்தான் நாம் இரண்டு கோட்பாடுகளையும் சோதனை செய்வதற்கான வாய்ப்புக் கிடைக்கின்றது. இன்னும் சில ஆண்டுகளுக்குள் சரியான முடிவுகள் கிடைக்கும். காட்சி ஆய்வுகள் நடத்துவதற்குக் கடினமாக இருந்தாலும், நாம் எதிர்பார்க்கக் கூடியதாகும்.

கனத் தனிமங்களைப்பற்றிய பிரச்சினையை விட்டு விடுவதற்கு முன் பழைய விண்மீன்களில் கனத் தனிமங்கள் காணப்படுவது, அளவில் குறைந்ததாயினும், நாம் மேல் விவாதித்த இரண்டாவது வகையைச் சேர்ந்த கோட்பாட்டிற்கு வலுவான எதிர்ப்பாகும். அதாவது, ஈர்ப்புச் சக்தியின் இயல்பை மாற்றியமைப்பதைச் சார்ந்த கோட்பாடு இக் கோட்பாட்டின்படி எல்லா அண்டங்களும் ஒரே சமயத்தில் உருவாகி யிருக்கவேண்டும். இவை உருவாவதற்கு மூலகாரணமாக இருப்பது ஹைட்ரஜனாக இருந்தால் 'முதல்' விண்மீன்கள் சுத்த ஹைட்ரஜனை உடையவையாகும். உறுதி நிலைக் கோட்பாட்டிலுள்ளபடி இங்கு முன்னிருந்த அண்டங்களை ஆதாரமாகக் கொள்ள முடியாது. இதேபோல் முதலில் கனத் தனிமங்களைச் சேகரிப்பதற்கான அடர்த்தி அதிகமான நிலையும் இருக்க முடியாது.

ஹப்பிள் எண்ணின் மதிப்பு (The value of Hubble's constant)

முன் அத்தியாயத்தில் ஹப்பிள் எண்ணைப்பற்றிக் குறிப்பிட்டோம். இதன் மதிப்பை மிகச் சாத்தியமான வகையில் 7,000 மில்லியன் ஆண்டுகளாகக் கொடுக்கப்பட்டது. பலவகை அண்டப் படைப்புக் கோட்பாடுகளைப்பற்றி ஆராய்வதற்குமுன், இது எவ்வாறு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது என்பதைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்வது நல்லதாகும். ஹப்பிள் எண்ணை நிர்ணயிப்பதற்கு எதேச்சையான இயக்கங்களை உடைய அண்டங்களிலின்றும் போதிய அளவுத் தொலைவாக உள்ள ஒரு கொத்தை எடுத்துக் கொள்வது அவசியமாகும். ஏனென்றால், சிவப்பு நிற ஒதுக்கத்தை அளப்பதற்கு இது பாதகம் ஏற்படுத்தாது. நம்மைவிட்டு ஒரு நொடிக்கு 60,000 கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தில் இயங்கும் ஹைட்ரா கொத்து (Hydra cluster) இந்த வகையைச் சேரும். ஆகையினால்,

ஹைட்ரா கொத்தின் வேகம் தெரிந்தால் இதை நொடிக்கு 60,000 கிலோ மீட்டர்களினால் வகுத்து ஹப்பின் எண்ணைக் கண்டுபிடித்து விடலாம். ஆகையினால், இந்தக் கொத்தின் தொலைவையோ, அல்லது இதைப் போன்ற தகுந்த இன்னொரு கொத்தின் தொலைவையோ கண்டுபிடிப்பதே நம் பிரச்சினையாகும். தொலைவைக் கண்டுபிடிக்க முன் அத்தியாயங்களில் கொடுக்கப் பட்ட எந்தக் குறிப்பான முகப்பு விளக்குகளையும் பயன்படுத்த முடியாது. ஏனென்றால், ஒரு சிறப்புப் புது மீனைத் தவிர வேறு எந்தத் தனிப்பட்ட விண்மீனும், ஹைட்ராக் கொத்தைப்போன்ற தொலைவில் இருக்கும்பொழுது, கண்டுபிடிக்க முடியாது. ஒரு முழு அண்டம்தான் ஓர் அளவை முகப்பு விளக்காக இத் தொலைவில் பயன்படும். நம் வாதத்தில் இந்தக் கட்டத்தில்தான் மிகவும் கவனமாக இருக்கவேண்டும். இடஞ் சார்ந்த கூட்டத்தின் அண்டங்களும், மற்றும் இதர அண்மையிலுள்ள அண்டங்களும் வெளிச்சத்தில் ஒன்றுக்கொன்று மாறுபடும். எதை நாம் மாதிரி யாக எடுத்துக்கொள்வது ?

தற்சமயம் நாம் எடுத்துக்கொள்ளக் கூடியது எல்லாக் கொத்துக்களிலும் வெளிச்சமான அண்டங்கள் அவைகளின் வெளிச்ச அளவைப் பொறுத்தவரை ஒன்றுக்கொன்று நெருக்க மான வகையில் ஒப்பிடக்கூடியவை என்பதாகும். இதனால் வெளிச்சமான அண்டங்களை M_{31} என்பதுடன் ஒப்பிடலாம். இது இடம் சார்ந்த கூட்டத்தில் நம்முடைய பெரிய தோழனாகும். அண்டங்களில் பெரும்பாலும் M_{31}ஐக் காட்டிலும் மிகவும் மங்க லானவை, ஆனால், இவை தொலைவில் நாம் பார்க்கக்கூடிய அண்டங்கள் ஆகா—தொலைவு மிகவும் வெளிச்சமான அண்டங் களை மட்டும்தான் ஆராய உதவும்.

ஆண்ட்ரோமீடா நெபுலாவை ஒரு மூல முகப்பு விளக்காக எடுத்துக்கொள்வது யதேச்சையான போக்காகத் தோன்றினாலும், உண்மையில் அப்படியல்ல. முதலாவதாக M_{31}, M_{33} (படம் XXIV) மற்றும் நம் அண்டம் இவை மூன்றும் (முன் அத்தியாயங் களில் கொடுக்கப்பட்ட அளவுகளின்படி) ஒரே மாதிரியான வெளிச்சங்களையும், ஒரே மாதிரியான பொருண்மைகளையும் உடை யனவாகும். இதனால் இவை கிட்டத்தட்ட ஓர் அளவை அண்டங் களின் கூட்டத்தைச் சேர்ந்தனவாக இருக்கலாம் என்று தோன் றும். இக்கருத்து கன்னி (Virgo)யில் உள்ள அண்டங்களின் சரா சரிப் பொருண்மைகளையும், கோமாக் கொத்தில் (Coma cluster) உள்ள அண்டங்களின் சராசரிப் பொருண்மைகளையும் சின்க்ளேர் ஸ்மித் (Sinclair Smith) என்பவரும் F. ஜுவிக்கி (F. Zuicky)

என்பவரும் கண்டுபிடித்ததிலிருந்து நம்பத்தக்கதாக இருக்கின்றது. இந்தக் கண்டுபிடிப்புகள் ஆண்ட்ரோமீடா நெபுலாவின் சராசரிப் பொருண்மைக்குக் கிட்டத்தட்ட நிகரான சராசரிப் பொருண்மைகளையே கொடுத்தன. இதே முடிவைத்தான் சமீபத்தில் தார்ன்டன்பேஜ் (Thornton Page) என்பவரும் இரட்டை அண்டங்களின் சராசரிப் பொருண்மைகளை ஆராயும்பொழுது கண்டறிந்தார். இரட்டை அண்டங்கள் ஒன்றை ஒன்று சுற்றி வரும் தொகுதிகளாகும். அதாவது ஓர் இரட்டை விண்மீனின் இரண்டு விண்மீன்களும் ஒன்றை ஒன்று சுற்றி வருவது போல்.

M_{31}-ஐ வெளிச்ச வகையைச் சேர்ந்த அண்டங்களின் ஒரு மாதிரி உறுப்பாகக் கருதுவதற்கான காரணங்கள் மிகவும் வலுவானவையாகும். தொலைவுகளை நிர்ணயிப்பதற்கு முகப்பு விளக்கு முறையைக் கையாளலாம். ஏனென்றால், இப்பொழுது M_{31}ன் சுயவெளிச்சம் சரியானபடி நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்குப் பாடே, மற்றும் எரிக் ஹோம்பர்க் (Erik Holmberg) இவர்களின் ஆராய்ச்சிகளே காரணமாகும். இதிலிருந்து ஹைட்ராக் கொத்தின் தொலைவு 400 மில்லியன் பார்செக்ஸ்களுக்கு மேலாகுமென்றும் ஹப்பிள் எண்ணின் மதிப்பு 7,000 மில்லியன் ஆண்டுகளாகுமென்றும் தெரிகின்றது.

சில ஆண்டுகளுக்கு முன் 1,800 மில்லியன் ஆண்டுகள் என்று கொடுக்கப்பட்ட மதிப்பை விட இது மிக அதிகமாகும். ஆகையினுல், இதைப்பற்றிச் சிறு குறிப்பு ஒன்று கொடுப்பது தகுந்ததாகும். முதலாவதாக 1,800 மில்லியன் ஆண்டுகள் என்று கொடுக்கப்பட்டது பார்ப்பதற்குத் தவருன இரு முறைகளினுலாகும். ஒன்று, M_{31}ன் சுயவெளிச்சத்தை நான்கு மடங்களவில் குறைவாக மதிப்பிட்டது. மற்றென்று பேரண்டத்தில் M_{31} மிகவும் வெளிச்சமான அண்டம் என்று கருதியது. இது பெரிய கொத்துக்களின் மிக வெளிச்சமான அண்டங்களைக் காட்டிலும் 4 மடங்குகள் அதிக வெளிச்ச முடையதாகும். இது சாத்தியமற்ற ஒரு ஊகமாகும்.

புதிதாகக் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட ஹப்பிள் எண்ணின் மதிப்புப் பழைய மதிப்பைக் காட்டிலும் சரியானதாகும் என்பதை முற்றிலும் வேருன ஒரு வாதத்தின் மூலம் காண்பிக்கலாம். அத்தியாயம் 12-ல் நண்டுநெபுலாவைப் பற்றிக் குறிப்பிடும் பொழுது (படம் XXIX), தொலைவுகளை மூல அளவு கஜக் கோல் முறையில் கண்டு பிடிக்கலாம் என்று குறிப்பிட்டோம். அதாவது, ஒரு பொருளின் உண்மையான பரிமாணம் தெரிந்தால், அதன் காணும்

பரிமாணத்தை அளந்து, இதிலிருந்து இதன் தொலைவைக் கண்டு பிடிக்கலாம். M_{31}-ன் உண்மை பரிமாணம் சரியானபடி கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளது ஆகையினால் அமைப்பு ரீதியில் ஒரே மாதிரியாக உள்ள இதர அண்டங்கள், அதாவது இதர Sb அண்டங்கள், M_{31} ஐப் போன்ற பரிமாணங்களை உடையன என்று வைத்துக் கொண்டால், இவைகளின் தொலைவுகளை உடனடியாகக் கண்டு பிடித்துவிடலாம். இம்மாதிரியாகக் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட தொலைவுகள் ஹப்பிள் எண்ணை 7,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் என்ற அளவில் ஊர்ஜிதப்படுத்துகின்றன. உண்மையில் கஜக்கோல் முறை 9,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் பொருத்தமானதாக இருக்கலாம் என்று காண்பிக்கின்றது.

ஹப்பிள் எண்ணைச் சார்ந்த பிரமாணம் (Criteria depending on Hubble's constant)

தற்போது நாம் ஆராயும் மூன்று கோட்பாடுகள் ஒவ்வொன்றிலும் ஹப்பிள் எண் ஒரு முக்கியமான, ஆனால் மாறுபட்ட வகையில் பங்கு உடையதாகும். அடர்த்தி மிருந்த நிலையில் எல்லா அண்டங்களின் வயதுகளும் ஹப்பிள் எண்ணோடு ஒப்பிடக் கூடியனவாகவும்—ஆனால் ஹப்பிள் எண்ணைவிடக் குறைவாகவும்—இருக்கவேண்டும். இந்த உண்மையை நம் அண்டத்தைப் பொறுத்தவரை போதிய வகையில் சரியானபடி ஆராய்ந்து அறியலாம். அண்டத்தின் வயதை 6,000 மில்லியன் ஆண்டுகளாக வைத்து ஹப்பிள் எண்ணை 7,000 என்று வைத்தால் நம் தேவைக்குச் சரியானதாகும். இரண்டாவது கோட்பாடான மாற்றியமைக்கப்பட்ட ஈர்ப்புக் கோட்பாட்டின்படி (modified form of gravitation) அண்டங்களின் வயதுகளெல்லாம் ஹப்பிள் எண்ணைவிட அதிகமாக இருக்கவேண்டும். நம்முடைய அண்டத்தின் நிலை இந்த இரண்டாவது கோட்பாட்டை முரண்பாடாகச் செய்வதாக உள்ளது. பொருளின் தொடர்ச்சியான மூலத்தின்படி உள்ள கோட்பாட்டில் சராசரி ரீதியில் அண்டங்கள் ஹப்பிள் எண்ணைவிட ஒப்பிடக்கூடிய வகையிலும், ஒரு வேளை சற்றுக் குறைவாகவே உள்ள வயதுகளை உடையனவாகும். ஆனால், ஒரு குறிப்பிட்ட அண்டத்தின் வயதைப் பொறுத்தவரை (உதாரணமாக நம்முடைய அண்டத்தைப் போன்று) யாதொரு தனித்தேவையும் உடையன ஆகா. ஆகையினால், மூன்றாவது கோட்பாடு, இந்தக் குறிப்பிட்ட கருத்தைப் பொறுத்தவரை யாதொரு சோதனைக்கும் உள்ளாக்கப்படுவதில்லை. ஆனால், நம் அண்டத்தின் வயது எல்லா அண்டங்களுக்குமான சராசரி வயதைப்பார்க்க அதிக வித்தியாசம் உடையதாக இல்லை என்பது திருப்திகரமாக இருக்கின்றது.

மூன்றாவது கோட்பாடுவரை ஹப்பிள் எண் இன்னும் ஆழ்ந்த சிறப்பையும் உடையதாகச் சொல்லமுடியாது. இந்தக் கோட்பாட்டின்படி பேரண்டத்தின் விரிவு எந்த அளவில் இருக்கின்றது என்பது அதிலுள்ள பொருள் எந்த அளவில் உற்பத்தியாகின்றது என்பதைப் பொறுத்திருக்கும்—அதாவது ஹப்பிள் எண் பொருளின் உற்பத்தி வீதத்தைப் பொறுத்திருக்கும். எந்த அளவில் பொருள் உற்பத்தியானால் ஹப்பிள் எண் 7,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் அளவில் இருக்கும் என்ற கேள்வியை நாம் கேட்கலாம்? இதற்கு விடை 160 கிலோமீட்டர் பக்க அளவை உடைய ஒரு கனசதுரத்தில் ஒரு நொடிக்கு ஒரு ஹைட்ரஜன் அணு வீதம் உற்பத்தியாக வேண்டும்; இன்னொரு வகையில் சொல்லப்போனால், நம் புவியின் கனபரிமாண அளவில் நொடிக்குச் சுமார் ஒரு கால் மில்லியன் ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் உற்பத்தியாக வேண்டும். அதாவது 'எம்பயர் ஸ்டேட் கட்டிடம்' (Empire state Building) அளவு கனபரிமாணத்தில் ஒரு நூற்றாண்டிற்கு ஓர் அணு உற்பத்தியாக வேண்டும். இது மிகச் சிறிதாகத் தோன்றினாலும் 'காணக்கூடிய' (Observable) மொத்தப் பேரண்டத்திற்குமாகக் கூட்டினால் சிறிதாகத் தோன்றாது. 'காணக்கூடிய' பேரண்டம் என்பது 2,000 மில்லியன் பார்செக்ஸ் தொலைவில் உள்ள ஆல்பரின் அண்டித்த பேரண்டப் பகுதியாகும். வானவெளியின் இந்தப் பகுதியினுள் ஒரு நொடிக்கு நூறு மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் டன்கள் வீதம் பொருள் உற்பத்தியாகின்றது.

உறுதிநிலைக் கோட்பாட்டின்படி வானவெளியில் சராசரி அடர்த்தி கால ரீதியில் குறைவதில்லை, மற்ற இரண்டு கோட்பாட்டிலும் இவ்வாறு குறையும். அது பொருளின் உற்பத்தி விதத்தைப் பொறுத்து ஒரு குறிப்பிட்ட அளவில் மாறுவண்ணம் இருக்கும். மேற்சொன்ன விதத்தின்படி இவ்வடர்த்தி தண்ணீரின் அடர்த்தியில் ஒரு நூறு ஆயிர மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் மில்லியன் பகுதிகளில் 3 பகுதிகளாகும். அதாவது, ஒரு நல்ல அளவை உடைய தோல்பெட்டி (suit case) யில் ஒரு ஹைட்ரஜன் அணு உள்ளது போல். இதை ஒரு சூபர்நோவாவின் உட்புறத்தில் ஒரு தோல் பெட்டியளவு உள்ள பகுதியில் அநேக மில்லியன் டன்கள் அளவு பொருள் இருக்கும் என்ற ஒரு நிலையோடு வேறுபடுத்திக் காணவேண்டும்.

உறுதிநிலைக் கோட்பாட்டின்படி அடர்த்தி சராசரியை விட இரண்டு அல்லது மூன்று மடங்குகள் அதிகமானால் விரிவு ஏற்படாது. எந்தக் குறிப்பிட்ட பகுதியும் இந்த நிலை ஏற்பட்டவுடன் ஒரு 'கட்டுப்பட்ட' தொகுதியாகும். ஆகையினால், உறுதிநிலைக்

கோட்பாட்டின்படி அடர்த்திகள் இதைவிட அதிகமாக உள்ள பகுதிகளில் 'கட்டுப்பட்ட' பகுதிகள் இருக்கலாம். அண்டங்களின் கொத்துக்களில் பொருளின் அடர்த்தி ஒரு கொத்திற்கும் மற்றொரு கொத்திற்கும் மாறுபட்டுக்கொண்டேயிருக்கும். ஆனால், இந்த மாறுபாடு பேரண்டம் முழுவதற்குமான சராசரி அளவை விட இரண்டு அல்லது மூன்று மடங்களவிற்கும் கீழ் இருக்காது. இந்தக் கோட்பாட்டின் இத் தேவைப்பாடு காட்சி ஆய்வின்படி ஊர்ஜிதமாகின்றது. இதைக் கீழ்வரும் குறிப்புகளிலிருந்து காணலாம்.

இடம் சார்ந்த கூட்டம் ஒரு குறிப்பிட்ட வலுவற்ற கொத்தாகும். ஆகையினால், இடம் சார்ந்த கூட்டத்தில் நாம் கண்டறிந்த அடர்த்தியை மிகவும் வலுவற்ற 'கட்டுப்பட்ட' தொகுதிகளின் அடர்த்திக்கு ஒரு மதிப்பீடாக வைத்துக் கொள்ளலாம். இடம் சார்ந்த கூட்டத்தினுள் உள்ள அடர்த்தி மொத்தப் பேரண்டத்தின் ஊகச் சராசரி அடர்த்தியைவிட இரண்டு அல்லது மூன்று மடங்குகள் பெரிதாக உள்ளது. அதாவது, ஹப்பிள் எண்ணின் மதிப்பான 7,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் என்ற மதிப்பிற்கு இணையாகும். இது ஆராய்ச்சிக்கும் ஊகத்திற்கும் மிகச் சிறந்த பொருத்தமுடையதாகும்.

உறுதி நிலைக் கோட்பாட்டின்படி ஹப்பிள் எண்ணில் பழைய மதிப்பு 1,800 மில்லியன் ஆண்டுகளாக இருந்தது இப்பொழுது 7,000 மில்லியன் ஆண்டுகளாக மாற்றப்பட்டது வருந்தத்தக்கது என்று சில ஆதரவாளர்கள் கருதுகின்றனர்—ஏனென்றால் 1,800 மில்லியன் ஆண்டுகள் அடர்த்தி மிகுந்த நிலைக் கோட்பாட்டிற்கு ஒரு தீவிர வயது சம்பந்தப்பட்ட இடர்ப்பாட்டை விளைவித்தது. ஆகையினால், இதை முற்றிலும் புறக்கணிக்க வேண்டியதாயிற்று. இதில் உணர்ந்து கொள்ளாதது யாதெனில், ஹப்பிள் எண்ணின் மதிப்பை 1,800 மில்லியன் ஆண்டுகளாக வைப்பது உறுதி நிலைக் கோட்பாட்டிற்கு ஒரு நேர் மறுப்பாகவும் அமையும் என்பதாகும். ஹப்பிள் எண்ணின் மதிப்பு இந்த அளவில் இருந்தால் மொத்தப் பேரண்டத்தின் பொருளின் சராசரி அடர்த்தி மேற்கொடுக்கப்பட்ட அளவைவிட 15 மடங்குகள் அதிகமாகும். இது இடம் சார்ந்த கூட்டத்தின் அடர்த்தியை வான வெளியின் சராசரி அடர்த்தியைவிடக் குறைவாகக் காட்டும். இதனால் இடம் சார்ந்த கூட்டம் விரிவடையவேண்டும். இது நடப்பதாகத் தெரியவில்லை. ஹப்பிள் எண்ணின் மதிப்பு 7,000 மில்லியன் ஆண்டுகளாக இருந்தால்தான் இடம் சார்ந்த கூட்டம் ஒரு கட்டுப்பட்டக் கொத்தாக இருக்க முடியும்.

உறுநிலைக் கோட்பாட்டில் புது அண்டங்களின் ஆக்கம் (Remarks on the formation of new galaxies in the steady-state theory)

தன்னைத்தானே உருவாக்கக் கூடிய தன்மைகள் மட்டுமே உறுநிலைப் பேரண்டத்தில் நிலைக்க முடியும். அண்டங்களின் ஆக்கம் இவ்வாறு தன்னைத்தானே உருவாக்கக் கூடிய ஒரு தன்மையாகும். ஒரு தலைமுறையிலிருந்து மற்றொரு தலைமுறையாக அண்டங்கள் உருவாகின்றன. மனித இனத்தைப் போன்றே இதுவும் ஆகும். அண்டங்கள் மறு உருவாகின்ற தன்மையை உடையன எனக்கருதலாம். இதை அண்டங்களின் வெளி அடர்த்தியின் சராசரி அளவு ஒரு தலைமுறையில் அதன்முன் தலைமுறையைக் காட்டிலும் அதிக மெனலாம்.

மிகவும் பொதுவான ஒரு காரணத்தின்படி சராசரி மறு உருவாக்கக் காரணியை (factor) 1 என்று வைக்கலாம். இதற்குக் காரணம் கடந்த காலத்தில் (எல்லையில்லாத தலைமுறைகள் இருந்திருக்க வேண்டும் என்பதே எல்லையில்லாத என்பது நீ கொடுக்கும் எண் எதுவாயினும் அதற்கு மேலாக என்று பொருள்படும்). கடந்த காலத்தில் சராசரி மறு உருக்காரணி 1-ஐக் காட்டிலும் குறைவாக இருந்தால் அண்டங்களின் அடர்த்தி தலைமுறைக்குத் தலைமுறை குறைந்து கொண்டே போகும். கடைசியில் போதிய காலம் கழித்து அண்டங்களே இல்லாமல் போய்விடும்-இது உண்மையல்ல. சராசரி மறு உருக்காரணி 1க்கு மேலாக இருந்தால் அண்டங்களின் வெளி அடர்த்தி தலைமுறைக்குத் தலைமுறை அதிகமாகும். இதனால் இப்பொழுது அடர்த்தி மிக அதிகமாக இருக்க வேண்டும்-இதுவும் உண்மையல்ல. ஆகையினால், சராசரிக்காரணி 1-ஆகத்தான் இருக்கவேண்டும். இதற்கு என்ன காரணம்?

சிறந்த விளக்கமாக உள்ளது ஓர் எளிய விளக்கமாகும். அண்டங்களின் அடர்த்தி பொருளின் இருப்பினால் கட்டுப்படுத்தப் படுகிறது. ஏராளமான பொருள் உள்ளபொழுது மறு உரு அடர்த்தி 1-க்கு மேல் உள்ளது என வைப்போம். அப்பொழுது பொருளின் அடர்த்தி அதிகரித்துப் பொருள் பற்றாக்குறை ஏற்படும். ஏனென்றால், பொருளின் சராசரி மொத்த அடர்த்தி வெளியில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவாகும். (மொத்தம் அடர்த்தி சுருங்கிய, சுருங்காத பொருள் இரண்டிற்கும் உள்ளதாகும்). அப்பொழுது மறு உருக்காரணி 1 என்ற எண்ணுக்கிறங்கும். இதற்குப் பிறகும் இதே அளவில் இருக்கும்.

மக்கள் தொகையைப்பற்றி மால்தஸ் (Malthus) கொடுத்த பழைய இந்த வாதமும் அமையும். மக்கள் தொகை, நிறைய

உணவு கிடைக்கும்பொழுது இதன் சராசரி மறு உருக்காரணி 1-க்கு மேல் இருக்கும். ஆகையினுல் மக்கள்தொகை தலைமுறை தலைமுறையாக அதிகரித்துக்கொண்டே போகும். இதனுல் ஒரு சமயம் உணவுப் பற்ருக்குறை ஏற்படும். அப்பொழுது மாள்வு வீதம் (mortality rate) அதிகமாகி இனப்பெருக்க வீதம் குறைந்து 1-என்ற அளவை அடையும். நம் காலத்திலேயே மால்துஸின் முன்கூற்று (prediction) மேல்நாட்டு நாகரிகத்தின்படி தவருக்கப் பட்டது என்று முட்டாள்தனமாகச் சிலர் கருதுகின்றனர். ஏனென்ருல், உணவு உற்பத்தி மால்துஸ் எதிர்பார்க்காத அளவு அதிகமாக ஆகிவிட்டது. ஆகையினுல் எந்தக் கணக்கறிஞனும் மால்தூஸின் எதிர்ப்பாளர்களின் வாதத்தில் முற்றிலும் நம்பிக்கையற்றவனுக இருப்பான். அதிகரிக்கும் உணவு உற்பத்தி சீக்கிரமே அதிகரிக்கும் மக்கள் தொகைக்கு ஈடுகொடுக்க முடியாது. இது இனப்பெருக்க வீதம் 1-க்கு மேல் இருக்கும்பொழுது ஏற்படக் கூடிய நிலை. ஆனுல் இந்த ஒப்புமையை முடிக்கும் வகையில் மனித சமூகத்தின் தலைமுறை 30 ஆண்டுகள் என்பதையும், அண்டத் தலைமுறையின் காலம் ஹப்பிள் எண்ணின்படி 7,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் என்பதையும் குறிப்பிடவேண்டும்!

உறுதிநிலைக் கோட்பாட்டின் சோதனைகள் (Tests of the steady-state theory)

உறுதிநிலைக் கோட்பாட்டின் மற்ருெரு சோதனைக்கு நமக்குப் போதிய தகவல் கிடைத்திருக்கின்றது. ஆனுல், சோதனைக்கான சரியான கட்டுப்பாடுகளை நாம் கவனமாக எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இதிலிருந்து அண்டங்களின் பொருள் வானவெளி முழுவதும் சமமாகப் பரவிப் பேரண்டத்தின் சராசரி மொத்த அடர்த்தியை உடையதாக இருக்கும் என்று சொல்லமுடியாது. ஏன் இருக்கக்கூடாது என்று பார்ப்பதற்குக் கோட்பாட்டின் கணித ரீதியில் கிடைத்த பின்வரும் இன்னும் சில முடிவுகளை ஆராயலாம்.

பேரண்டத்திலுள்ள பொருளின் சராசரி வயது ஹப்பிள் எண்ணிற்கு இணையாகாது; இது ஹப்பிள் எண்ணில் $\frac{1}{3}$ பங்காகும். 5 சதவீதப் பொருள்மட்டுமே ஹப்பிள் எண்ணைப் போன்று அவ்வளவு வயதுடையதாகும். ஒரு சதவீதத்தில் $\frac{1}{4}$ பங்கு மட்டுமே ஹப்பிள் எண்ணைப்போல் இரு மடங்காகும். ஒரு சத வீதத்தில் $\frac{1}{100}$ மடங்கு மட்டுமே ஹப்பிள் எண்ணைப்போல் மூன்று மடங்குகளாகும். ஆகையினுல், வயது அதிகமாகப் பொருளின் அளவு குறைவது பேரண்டத்தின் விரிவினுல் ஏற்படுகின்றது. இது வயது அதிகமாகப் பொருளை மெல்லிய அளவில் மேலும் மேலும் பரப்புகின்றது. முன் பத்தியில் புதிராகக் காணப்படும் குறிப்புகள்

இப்பொழுது தெளிவாக விளக்கப்படுகின்றன. எல்லாப் பொருள்களும் அண்டங்களாகக் குளிர்வடைகின்றன. ஆனால், இந்தக் குளிர்வுக்குத் தேவைப்படும் காலம் நூற்றின் என் அளவாகும், ஒரு சிறப்புடைய அண்டமேகம் குளிர்வதற்குப் போதிய காலம் கொடுக்க வேண்டும், விண்மீன்கள் உருவாவதற்கு முதலில் முளைத்துள்ள அண்டங்கள் வெட்டப்படுவதற்காக. அப்பொழுது தான் ஓர் அண்டக்கொத்தைப் பார்க்க முடியும். அப்படியென்றால், சுருங்கிய அண்டங்கள் பேரண்டத்தில் பொருளின் ஒரு சிறு சதவீத அளவேயாகும். அப்பொழுது உண்மையில் என்ன காண்கிறோம்? அதாவது, நாம் பார்க்கும் அண்டங்களை வானவெளி முழுவதும் பரவியிருக்கும் இருள் பொருள் அடர்த்தி உறுதியின்மைக் கோட்பாட்டின்படி கணக்கிடப்பட்ட சராசரி மொத்த அடர்த்தியில் ஒரு சதவீத அளவேயாகும் என்பது. காட்சி சான்றுகளை சில உறுதியின் மையத்தைத் தவிர்த்து, காட்சிக்கும், கோட்பாட்டிற்கும் மறுபடியும் ஒரு சிறந்த ஒற்றுமையைக் காண்கிறோம்.

உறுதியின்மைக் கோட்பாட்டிற்கு ஒரு முக்கியமும் வலுவுமான ஆதாரம், பொருட்கள் அவைகள் உருவாகும் காலத்திலேயே கண்டு பிடிக்கப்பட்டால் நமக்குக் கிடைக்கும். அதாவது இவை முழு அண்டங்களாகச் சுருங்குவதற்குமுன் நாம் பார்க்க முடியுமானால், நமக்கு முழுமையான ஆதாரம் கிடைக்கும். ஆனால், இது சம்பந்தமான காட்சி ஆய்வுகள் மிகவும் கடினமாகும். இதற்குக் காரணம் அவை எளிதில் ஏற்கக்கூடியவையே ஆகும். உதாரணமாக M_{31}-ல் உள்ள வகை II விண்மீன்கள் ஒரு பெரிய வளையம் முழுவதும், 100,000 ஒளியாண்டுகள் விட்டத்திற்கு (வானவெளியின் அளவுக்கு) பரப்பி, இந்த மொத்த அமைப்பையும் 5 பில்லியன் பார்செக்ஸ் தொலைவிற்கு அப்புறமிருந்தால் இருந்தால் கிடைக்கும் பொருள் கண்டுபிடிப்பதற்கு மிகவும் கடினமாக இருக்கும். ஏனென்றால், நாம் பார்க்கக்கூடாது, வான வெளியில் ஒரு மங்கலான ஒளியாகும். ஆனால், இடம் சார்ந்த கூட்டத்திற்கு வெளியே ஒரு மிதமான தொலைவில் உள்ள புதிய ஒரு பெரிய அண்டமண்டல இல்லாததான் காணப்படும். ஆனாலும், 10 பில்லியன் பார்செக்ஸ் தொலைவிற்கு அதிக அண்டங்கள் இருந்தபோதிலும் இவை இதுவரை கண்டு பிடிக்கப்படாதது வியக்கத்தக்க தாகாது.

புதிதாக உருவாகும் ஓர் அண்டத்தின் முதல் 'தளர்ச்சி' நிலையில் உள்ள அமைப்பின் பொழுது இதைக் கண்டுபிடிப்பதை விட வகை II விண்மீன்களின் பெரும்பகுதியும் ஒரு அடிப்படை உருவற்ற கருவாகத் திரட்டப்பட்டவுடன் ஆராய்ச்சியாளர் ஒரு

நம்பிக்கையான நிலை ஏற்படும். அப்பொழுது இந்தப் பிரச்சினை அமைப்புக் கண்டுபிடிப்பாக ஆகாது. ஏனென்றால், இப்பொழுது அண்டம் சாதாரணத் திரட்டை உடையதாகும். ஆகையினால் பழைய வகை II விண்மீன் கூட்டங்களிலிருந்து புதிய இளமையான வகை II கூட்டத்தைக் கண்டறிவதே நம் பிரச்சினையாகும், இளமையான ஒரு சுருங்கிய அண்டத்தைக் கண்டு பிடிக்கும் வழிகளுள் நிற ரீதியில் அண்டத்தின் மொத்த ஒளியும் எவ்வாறு பரப்பப்பட்டுள்ளது என்பது மிகவும் பயனை யளிக்கக்கூடியதாகும். இந்தச் சாத்திய நிலைமை விளாதிப்பதற்கு மிகவும் அதிக நேரம் பிடிக்கு மாதலால், வேறொரு கவர்ச்சியான சாத்திய நிலையை ஆராய்வது நன்றாகும்.

வகை II விண்மீன்களின் ஆக்கத்திற்குப் பிறகு மீதியாக விடப்பட்ட வாயு, முதலில் தளர்ச்சியாக இருந்த அண்டம் கெட்டிப்படும் பொழுது மிகவும் கலக்கமுறும். முன் அத்தியாயங்களில் வாயு கலக்க முறுவதும், கதிரலைகள் வெளிப்படுவதும் வலுவான தொடர்புடையன என்பதைப் பார்த்தோம். ஆகையினால், அண்டங்களை அலைகள் திட்பப்படும்பொழுது கண்டுபிடிப்பது சாத்தியமாகலாம். ஆனால், சிக்னஸில் (Cygnus, படம் XLIX–ல்) உள்ள இரண்டு அண்டங்களைப் போன்ற அண்டங்கள் மோதும் பொழுது இல்லாமல் முழுமையாக வளர்ச்சியடைந்த ஓர் அண்டத்தைவிட அதிக வலுவாக இருக்கும். இதற்கு ஆதாரமாக இதர அண்டங்களோடு மோதாமல் தாங்களே அசாதாரண வகையில் கதிர்களை வெளிப்படுத்தும் அண்டங்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. M_{87} (படம் XXVII) என்பது ஒரு மிகச் சிறந்த உதாரணமாகும். இந்த அண்டத்தின் மொத்தப் பகுதியிலிருந்தும் வலுவான கதிர் வெளிப்பாடு ஏற்படுகின்றது. இது ஏராளமான உருண்டைக் கொத்துக்களையும் முக்கிய விண்மீன் திரட்டினுள்ளிருந்து ஒரு வாயுத் தாரையையும் உடையதாகும். இந்த வாயுத் தாரை பார்ப்பதற்கு நடுப்பகுதியிலிருந்து வெளிப்படுவதுபோல் காணப்படும். ஆகையினால் M_{87} என்பது ஒப்பிடும் வகையில் சமீபத்தில் உருவாகிய அண்டம் எனலாம். இந்த அண்டத்தின் வளையப்பரவலை ஒளியின் வகையில் ஆராய்வது மிகவும் பயனை அளிக்கக்கூடும். இது மோதல்களுக்குட்படாத மிகவும் அதிகக் கதிர்களை வெளிவிடும் எல்லா அண்டங்களுக்குமே பொருத்தமாக இருக்கலாம்.

ஒரு நுட்பமான கட்டுப்பாடு (A subtle criterion)

விண்மீன்களினால் வெளிப்படும் மொத்த ஒளியினுள் நிறப் பரவலைக் கண்டறிந்து இதிலிருந்து ஒரு வகை II விண்மீன் தொகுதி

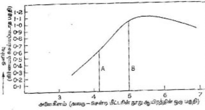
யின் வயதைச் சரியானபடி நிர்ணயிப்பது சாத்தியமாக இருக்கலாம். இதை எப்படிச் செய்யலாம் என்பதற்கு ஒரு வகை II விண்மீனின் ஒளி பெரும்பாலும் முக்கிய வரிசையில் உருவாகும் விண்மீன்களிலிருந்து வருகின்றது என்பதைக் குறிப்பிடவேண்டும். இதன் ஒளிப் பரவல், இந்த விண்மீன்கள் முக்கிய வரிசையில் எந்தக் குறிப்பிட்ட இடத்திலிருந்து வருகின்றன என்பதைப் பொறுத்திருக்கும். இது இத்தொகுதியின் வயதைப் பொறுத்திருக்கும். ஆகையினால், நிறப்பரவல் தொகுதியின் வயதைப் பொறுத்திருக்கும். ஆகையினால், நிறப்பரவலை ஆராய்ந்தால் வயதை நேரிடையாக நிர்ணயித்துவிடலாம்.

வளர்ச்சிப் பாதைகள் எவ்வாறு முக்கிய வரிசையில் வெளிப்படும் இடத்தைப் பொறுத்திருக்கின்றன என்பது தெரிந்தால் இது நிச்சயமாக இருக்கலாம். இந்தத் தகவலை அடையச் சிறந்த வழி நேரிடை ஆராய்ச்சியே யாகும். இதுவரை முழுமையாகக் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட வளர்ச்சிப்பாதை நம் அண்டத்தைச்சேர்ந்த வகை II விண்மீன்களின் கூட்டத்தினுடையதாகும். இவை யெல்லாம் கிட்டத்தட்ட ஒரே வயதை உடையன வாகையால் இவை முக்கிய வரிசையின் ஒரு குறுகிய எல்லையில் பிரிந்து செல்லும் பொழுது உள்ள வளர்ச்சிப் பாதையே கிடைக்கும். ஒன்று இரண்டைத் தவிர இதர அண்டங்கள் மிகவும் தொலைவில் உள்ளனவாகையால் இவைகளின் வகை II விண்மீன்களின் வளர்ச்சிப் பாதையில் முக்கியப் பகுதிகளைத் தனிப்பட்ட விண்மீன்களின் ஆய்விலிருந்து கண்டுபிடிப்பது இயலாதது. இந்த விலக்குகள் (exception) யாதெனில் மெகல்லனிக் மேகங்களும் இடம் சார்ந்த கூட்டத்தின் அண்மையான தளர்ந்த தொகுதி ஒன்று இரண்டாகும். இதுவரை இவைகளைப் பற்றிய யாதொரு அளவுகளும் கிடையா.

காட்சி ஆய்வின் மூலம் இந்தப் பிரச்சினையை ஆராய்வதற்கு மறுகலையான முறை ஊகவழியில் வளர்ச்சிப் பாதைகளைக் கண்டு பிடிப்பதே யாகும். இந்த முறையை ஊக்கத்தோடு கடைப்பிடித்து ஆராய்ந்தாலும், இதுவரை கிடைத்த முடிவுகளை இந்த வகையில் பயன்படுத்துவதற்குப் போதிய அளவு சரியானதாக இல்லை. ஆகையினால், ஒரு வகை II விண்மீனின் வயதை மொத்த ஒளியின் நிறப் பரவலிலிருந்து நேரிடையாக நிர்ணயிக்கத் தற்பொழுது யாதொரு சாத்தியமான முறையும் இல்லை என்று தெரிகிறது. இதனால் இன்னும் குறுகிய முறையில் உள்ள ஆய்வைப் பயன்படுத்தி முடிவைக் காண யாதொரு வகையும் இல்லை. உதாரணமாக, அண்டங்களின் வகை II விண்மீன்களில் ஒரே நிறப் பரவலை உடைய ஒளி இருக்கின்றதா என்பதைக் கண்டுபிடிப்பது சாத்திய

மாகும். அப்படியானால், எல்லா அண்டங்களும் கிட்டத்தட்ட ஒரே வயதை உடையனவாகும் என்பதற்கு ஒரு வலுவான ஆதாரமிருக்கவேண்டும். இது உறுதி நிலைக் கோட்பாட்டை எதிர்க்கும் வகையில் இருக்கும். மற்றொரு வகையில், கருதத்தக்க வித்தியாசம் காணப்பட்டால், வயதில் வித்தியாசம் இருப்பதற்கான வலுவான ஆதாரம் எதுவும் இருக்கக்கூடாது. ஆனால் இந்த வித்தியாசம் என்ன என்பதைக் காட்சி ரீதியாகவோ ஊகரீதியாகவோ கிடைத்த அறிவைக்கொண்டு தான் சொல்ல முடியும்.

குறிப்பிட்ட இந்த ரீதியில் ஸ்டெப்பின்ஸ் என்பவரும் விட்ஃபோர்ட் என்பவரும் ஆராயத் தொடங்கியிருக்கின்றனர்.



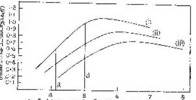
படம் 65. M_{32}-ன் நிறப்படம்

இதுவரை கிடைத்த முடிவுகளை இப்பொழுது விளக்குவோம். நீள் வட்ட அண்டமாகிய M_{31} (படம் XLV) யிலிருந்து கிடைக்கும் ஒளியின் அலைநீள வகையான பரவலைப் படம் 65-ல் காணலாம். இது ஆண்ட்ரோமீடா நெபுலாவின் துணைக்கோள்களில் ஒன்றாகும். இந்தப் படத்தில் A, B என்ற இடங்களில் இரண்டு அலை நீளங்கள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. B-யில் கிடைக்கும் ஒளியின் அளவு A-யில் கிடைக்கும் ஒளியின் அளவோடு ஒப்பிட்டால் இந்த விகிதம் M_{32}ன் நிறக்குறி (index of colour) எனப்படும். இது மொத்த வளைகோட்டின் உருவத்தைப் பற்றிய ஒரு முற்றிலும் நிறைவற்ற விளக்கமைப்பாக அமைந்தாலும் இந்த நிறக்குறி காட்சி ஆய்வில் அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படுகின்றது. ஏனென்றால் இதன் அளவை மொத்த நிற - வளைகோட்டை விட எளிதில் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

அருகிலுள்ள அநேக நீள் வட்ட அண்டங்களின் நிறக்குறிகளையும், அருகிலுள்ள சுருள்களில் பலவற்றின் அணுக்களின்

திறக்குறிகளையும் ஆராய்ந்ததில், நம் அண்டத்திற்கும் மற்றொரு அண்டத்திற்கும் ஒரு வியத்த வேறுபாடற்ற நிலை காணப் படுகின்றது (ஆனால், இது உருண்டைத் தொகுதிகளின் வகை II விண்மீன்களோடு பொருந்தியதாக இல்லை) இதனால் அருகிலுள்ள நீள்வட்ட அண்டங்களிலும், அருகிலுள்ள சுருள்களின் கருக்களி லும் உள்ள வகை II விண்மீன்கள் படம் 65-ல் கொடுக்கப்பட்ட வடிவத்தை உடைய நிறவரைக் கோடுகளை உடையனவாகும் என்று குறிப்பிடலாம். இது ஏற்றுக் கொள்ளக்கூடிய ஒரு கருத்தாயினும் இதை நிச்சயமாக நிலை நாட்டப்பட்ட ஒரு முடிவாகக் கொள்ள முடியாது. ஏனென்றால், மொத்த ஆய்வுகளுக்குரிய எல்லையை மேல் அளவுக்கு நீட்டித்தால் தான் இந்த விஷயத்தைச் சந்தேகமின்றித் தீர்க்கலாம். இதுவரை இது ஊர்ஜிதப்படுத்தப்படவில்லை.

ஆனால், நம் பேரண்டத்தின் மிக நுண்மைப் பகுதியின் நிற வரைகோடுகளைக் கண்டுபிடித்ததாக வைத்துக்கொண்டு எல்லா நீள்வட்ட அண்டங்களும் ஒரே வரைகோட்டை உடையதாக



படம் 66. (i) ஒதுக்கப்படாத நிறவரை கோடு (ii) நொடிக்கு 20,000 கிலோ மீட்டர் ஒதுக்க வேகத்தில் ஒதுக்கப்பட்ட வரை கோடு (iii) நொடிக்கு 40,000 கிலோ மீட்டர்கள் வேகத்தில் ஒதுக்கப்பட்ட வரைகோடு

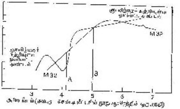
இருக்கும் என்று மதிக்கப்பட்டது. இது உண்மையானாலும் நிற மாலைக் கோடுகளைக் கவனமாக ஆராயாமல் சிவப்பு நிறஒதுக் கங்களை அளவிட ஒரு மிக எளிய முறை கிடைக்கும். பேரண் டத்தின் விரிவினால் ஏற்படும் சிவப்பு நிறஒதுக்கம் படம் 65-ல் உள்ள நிற வரைகோட்டை இன்னும் வலது புறமாகத் தள்ளிவிடும் தொலைவு அதிகமானால் படம் 66-ல் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு விளைவு

ஏற்படும். சிவப்பு நிற ஒதுக்கம் அதிகரித்தால் B என்ற இடத்திலிருந்து வரும் ஒளியின் அலை நீளத்திற்கும், A என்ற இடத்திலிருந்து வரும் ஒளியின் அலை நீளத்திற்கும் உள்ள விகிதம் அதிகரிக்கும் என்பது தெளிவு. வாதத்தைத் தலைகீழாக மாற்றிச் சொன்னால், நிறக்குறியை அளந்தறிந்தால் சிவப்பு நிற ஒதுக்கத்தைக் கண்டு பிடித்துவிடலாம் என்றாகும்.

ஸ்டெபின்ஸ் என்பவரும், விட்ஃபோர்டு என்பவரும் இந்த முறையைக் கையாண்டதில் நிற அளவுகளினால் நிர்ணயிக்கப்பட்ட சிவப்பு நிற ஒதுக்கத்திற்கும், நிறமாலைக் கோடுகளின் நிலை மாற்றத்தைக் கொண்டு நிர்ணயிக்கப்பட்ட சிவப்பு நிற ஒதுக்கங்களுக்கும் ஒருவித வித்தியாசம் காணப்பட்டது. இது மட்டுமன்றி இந்த வித்தியாசம் படிப்படியாக இருந்தது. சிவப்புநிற ஒதுக்கம் அதிகமானால் (அதாவது தொலைவு அதிகமானால்) வித்தியாசம் அதிகமாகும். இந்த வித்தியாசம் மேற்சொன்ன முறையில் சிவப்பு நிற ஒதுக்கம் அதிகப்படியாகக் கணக்கிடப்பட்டிருப்பதேயாகும். இதிலிருந்து நிச்சயமான முடிவாகக் கிடைப்பது யாதெனில் நீள்வட்ட அண்டங்கள் எல்லாம் ஒரே நிற வளைகோட்டை உடையன அல்ல என்பதே. இது குறிப்பாக யாதொரு வியப்புடையதும் அல்ல. நீள்வட்ட அண்டங்களின் நிறவளை கோடுகள் தொலைவைப் பொறுத்து ஒரு முறையான வகையில் மாறுவது முதலில் காணுவதற்கு வியப்பை அளிப்பதாகும். இந்த முடிவை நாம் ஏற்றுக்கொண்டு நம்முடைய இடம் பேரண்டத்தில் ஒரு தனிப்பட்ட இட அமைப்பை உடையதாக, ஸ்டெப்பின்ஸ், விட்ஃபோர்டு இவர்களால் கண்டறியப்பட்ட நீள் வட்ட அண்டங்களின் நிறவளை கோடுகளைப் பொறுத்த முறையில், இல்லை என்று ஒப்புக்கொண்டால் அப்பொழுது நமக்கு ஒரு வாதம் தான் இருக்கின்றது. முறையான விளைவு ஏற்படுவதற்கு ஒரு வெளிப்படையான காரணம் அண்டங்களின் தொலைவுகள் அதிகரிக்க ஒளி நம்மை வந்தடைய அதிக நேரம் எடுத்துக்கொள்ளும் என்பதே. ஒரு தொலைவில் உள்ள அண்டத்தைத் தற்காலத்தில் உள்ளவாறு காணாமல் ஒளி வான வெளியில் நம்மை வந்தடையப் பிரயாணத்தைத் தொடங்கும் சமயத்தில் உள்ள நிலையில் இதைக் காண்கிறோம். இதன் உட்கருத்தை ஆராய்ந்தால், இன்னும் வியப்பூட்டக் கூடிய முடிவுகள் கிடைக்கின்றன.

ஸ்டெபின்ஸ், விட்ஃபோர்டு இவர்களால் கண்டறியப்பட்ட அண்டங்களில் மிகத் தொலைவில் உள்ளவற்றிலிருந்து ஒளி நம்மை வந்தடையச் சில 1,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் பிடிக்கும். நம்

அண்டத்தில் வகை II விண்மீன்களின் வளர்ச்சிக்குரிய காலத்தைப் பார்க்க இது குறைவாகும். இவை 6,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் அளவில் வளர்ச்சிப் பருவத்தை உடையவையாகும். வளர்ச்சியடையும் வகை II விண்மீன்களின் பாதை (ஒளியில் பெரும்பாலும் வளர்ச்சி அடையும் விண்மீன்களிலிருந்து கிடைக்கின்றது) காண்பதற்கு, ஒரு 1,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குள் மிகவும் கருதத்தக்க அளவில் மாறுகின்றது. மொத்த வளர்ச்சியும் 6,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குள் ஏற்படுகின்றது என்றாலும், இது உண்மை. முதலில் இது நடக்கக் கூடாததாயினும் நுண்மையான ஆராய்ச்சி இப்பப் பிரச்சினைக்கு ஒரு நடக்க இயலாத தப்பித்துக் கொள்ளும் வழியைத் தோற்றுவிக்கின்றது. நிறமுறி இரண்டு அலை நீளங்களுக்குள் உள்ள ஒளியின் விகிதத்தைப் பொறுத்திருக்கும். ஆனால், படம் 65-ல் உள்ள நீண்ட பகுதியில் அதிக அலை நீளமுடைய ஒளியில் 1,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குள் கருதத்தக்க மாறுதல் ஏற்பட்டிருக்காது. இந்த அலை நீளமுடைய ஒளி



படம் 97.

முக்கியமாகப் படம் 15-ல் N முதல் O என்ற புள்ளி வரை உள்ள வளர்ச்சிப் பாதையின் ஏற்றப் பகுதியில் உள்ள விண்மீன்களிலிருந்து வெளிப்படுத்தப்படுகின்றது. ஆனால், படம் 65-ல் A என்ற புள்ளியில் குறைந்த அலை நீளத்தில் கிடைத்த ஒளியில் ஏற்பட்ட மாறுதலினால் நிறச் சுட்டியில் ஒரு மாறுதல் ஏற்படலாம். கருதத்தக்க அளவில் (உருண்டைக் கொத்துக்களிலிருந்து கிடைத்த தகவல்களை ஏற்றுக்கொண்டால்) படம் 15-ல் P யிலிருந்து Q வரை உள்ள வளர்ச்சிப் பாதையில் அநேகமாக உள்ள பகுதியில் காணப்படும் விண்மீன்களிலிருந்து குறைந்த அலை நீள மண்டலங்களில் ஒளி கிடைக்

கின்றது. ஒருவேளை வித்தியாசங்கள் இந்த விண்மீன்களை பொறுத்திருக்கலாம். இவைகளின் அமைப்பு நடவடிக்கைகளைப்பற்றி இது வரை வெகு குறைவாகத் தெரிந்திருப்பதினால் இந்த விண்மீன்களின் நிலைகள் 1,000 மில்லியன் ஆண்டுகளளவில் உள்ள குறைந்த காலத்தில் கருதத்தக்க அளவு மாறும் என்ற உறுதியான கூற்றை மறுக்க முடியவில்லை.

இரண்டு அலை நீள எல்லைகளில் மட்டும் கண்டறிந்து, ஆறு வெவ்வேறு அலை நீள எல்லைகளுக்குப் பதில், விட்ஃபோர்டும், கோட் என்பவரும் (Whitford and Code) சமீபத்தில் நிறவளை கோடுகளில் மாறுதல்கள் குறைந்த அலை நீளங்களில்தான் காணப்படுகின்றன என்பதை உறுதிப்படுத்தினர். விட்ஃபோர்ட் என்பவரும், கோட் என்பவரும் கண்டுபிடித்த வித்தியாசங்களின் தன்மையைப் படம் 67-ல் காணலாம். இதில் M_{32}-ன் நிறவளை கோடு கரோனு போரியாலிஸ் கொத்தில் உள்ள ஒரு நீள் வட்ட அண்டத்தின் நிறவளை கோட்டோடு சேர்த்துக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றது (இது ஸ்டெப்பின்ஸ் என்பவரும், விட்ஃபோர்ட் என்பவரும் முதலில் அளந்த தொலைவில் மேல்பட்ச ரீதியில் அரை மடங்கு அளவு தொலைவில் இருக்கின்றது. A, B என்ற அலை நீள நிலைகளும் படம் 67-ல் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இந்தக் குறிப்பிட்ட அலை நீளங்கள் இந்த இரண்டு அண்டங்களுக்கான B, A இவைகளின் விகிதங்களின் வித்தியாசத்தை முழுமையாக மிகைப்படுத்தும் நிலைகளில் உள்ளன என்பது தெரிகின்றது. A என்ற அலை நீளம் குறைந்த அலை நீளத்தை உடையதாக இருந்தால் நிறக் குறியில் யாதொரு வித்தியாசமும் அளக்கப்பட் டிருக்காது. மேலும், A இன்னும் குறைந்த அலை நீளத்தை உடையதானால் நிறக் குறி நேர் எதிராக மாற்றப்பட்டிருக்கும். இதனால் கரோனு போரியாலிஸ் கொத்தில் உள்ள அண்டம் M_{32}-ஐ விடச் சிவப்பாகக் காணப்படாமல் நீலமாகக் காணப்பட்டிருக்கும். இவ்வாறு நிறக் குறியை அளக்கும் முறையில் ஒருவித எதேச்சையான தன்மை காணப்படுகிறது. நிற வளைகோட்டை இரண்டு பகுதிகளில் மட்டும் ஆராயாமல், மொத்தமாக ஆராய்வதின் முக்கியத்துவத்தை வலியுறுத்துகின்றது.

இந்தக் குறிப்புகள், முறையாக ஏற்படும் நிற வளை கோடு மாற்றம், அதாவது தொலைவு அதிகரிக்க அல்ட்ரா-வயலட் வெளிப்பாடு அதிகரிக்கும் என்ற முறையில், இருக்கின்றது என்ற நிலையை மாறச் செய்யாது. இப்பொழுது தாறுமாறாகச் சென்று ஒரு திடீர் மாற்றமான முடிவைக் காண்போம்.

இவ்வாறான தொலைவின் விளைவு, 1,000 மில்லியன் ஆண்டுக் காலத்தில் உள்ள கால விகிதாசாரங்களைப் பொருத்துகின்றது—மிதமான தொலைவில் உள்ள அண்டங்களுக்கு இக்காலம் இன்னும் குறைவாகும், அண்டங்களுக்கிடையில் சுயமாக உள்ள வயது விகிதாசாரங்கள் அதிக பட்சமாக 1,000 மில்லியன் ஆண்டுகள் இருந்தன. மூன்றிலும் மறைக்கப்படுகிறது. ஆகையினால், ஒரு சில நூறு மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குப்பட்டு எல்லா அண்டங்களும் ஒரே வயதுடையன உடையன என்று ஆகும். இந்த முடிவை நாம் ஏற்றுக்கொண்டால் உடனடியாகவே உறுதியின்மைக் கொள்கையைத் தவிர்த்து விடுகின்றது.

லெமெயர் கொடுத்தபடி உள்ள அடர்த்தி மிகுந்த கொள்கை ஒன்றுதான் ஸ்டெபின்ஸ் விட்போர்ட் இவர்களின் அண்டத்திற்கு உண்மையானவைப்பற்றிய தற்போதைய விளக்கங்களை ஏற்றுக் கொள்ளக் கூடியதாகும். லெமெயரின் விளக்கப்படி பேரண்டத்தின் விரிவில் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில்தான் எல்லா அண்டங்களும் உருவாயின. இந்த நிலையில் வெளியில் சராசரி அடர்த்தி அண்டங்களில் தற்பொழுது காணப்படும் சராசரி அடர்த்தியோடு ஒப்பிடக் கூடியதாகும். அண்டங்கள் சில தெரியாத காரணங்களினால் தொடர்ந்து சுருங்காத பேரண்டத்தின் குறிப்பிட்ட பகுதிகளாகும். பேரண்டத்தின் பெரும் அடர்த்தி மிகுந்த நிலையிலிருந்து விடுபட்டு இன்றைய விரிவடையாத உருவங்களாக மாறி விட்டது. இதற்குப் பிறகு நட்சத்திரங்கள் இவ்வுருவங்களுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவுகளைத் துண்டிக்கும். இந்த முறையில் அண்டங்களின் வயதுகளைச் சில நூறு மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குள் ஒன்றுபட்ட வகையில் ஆக்கலாம். இதுதான் லெமெயர்—விட்போர்ட் இவர்களின் அளவுகளும் தெரிவிக்கின்றன. ஆனால், இத்தகைய போக்கு ஏன் அண்டங்கள் தொகுதிகளில் திரட்டப்படக் காணப்படுகின்றன என்பதை விளக்க முடியவில்லை. இது இதன் ஒரு முக்கிய குறைபாடுள்ள தன்மையைக் குறிக்கும். இடம் சார்ந்த கூட்டத்தைப் போன்ற வலுவற்ற தொகுதிகளின் இருக்கையைப் பற்றி ஒரு விளக்கமும் தருவதில்லை. இப்பொழுது நாம் அடைந்திருக்கும் தப்பிக்கமுடியாத இறுதிநிலை (impasse) மிகவும் கவனிக்க வேண்டியதாகும். இதில் மூன்று கோட்பாடுகளும் ஏதாவது ஒரு வழியில் காட்சி ஆய்வுகளோடு முரண்பாடு உடையவைகளாக உள்ளன என்று தோன்றுகின்றன. இந்த நிலைகளில் மறுபடியும் நிலையில் ஸ்டெபின்ஸ், மற்றும் விட்போர்ட் இவர்கள் ஆராய்ச்சி நடத்திய அண்டங்களின் தொகுதிகள்—இடம் சார்ந்த கூட்டம், கன்னிமேகம் (படம் XXXVIII) கரோனா பொரியாலிஸ் தொகுதி (படம் XL) மற்றும் பூட்ஸ் (Bootes) தொகுதி (படம் LVII)

இவை வயது ரீதியில் ஒரு வரிசையில் இருப்பவை என்ற உண்மையைத் தள்ளுபடி செய்தது சரிதானா என்று ஆராய்ந்து பார்ப்பது நல்லது. இந்தக் கொத்துக்களிலிருந்து வரும் ஒளியின் பிரயாண காலம் பொருளோடு யாதொரு சம்பந்தமும் உடையதாகாது என்பது உண்மையா ; கொத்துக்கள்தான் நிறையான வெவ்வேறு வயதுகளை உடையனவா ? ஒற்றுமைக்குரிய படித்தரம் (degree) அதிகமல்ல. இடம் சார்ந்த கூட்டம் மற்றும் கன்னி மேகம் இவை ஒரே வயதுடையனவாகக் கருதுவோம். அப்பொழுது கரோனு போரியாலிஸ் கொத்து சிறிது மாற்றப்பட்ட வயதுடையதாகும், பூட்ஸ் கொத்து இன்னும் இதே திசையில் தள்ளப்பட்ட வயதுடையதாகும். (இந்த நிலையில் வயது அதிகமா அல்லது குறைவா என்று குறிப்பிட வேண்டியதில்லை) ஹோல்ட் என்பவராலும், சியாமா (Sciama) என்பவராலும் பரிமாண ரீதியாகவும், எண்ணிக்கை ரீதியாகவும் இந்த ஒரே கொத்துக்களிலிடையே குறியீடு இருக்கின்றது என்று காட்டப்பட்டுள்ளது- கன்னிமேகம், கரோனு போரியாலிஸை விடப் பெரிதாகவும் இன்னும் அதிக அண்டங்களை உடையதாகவும் கரோனு கொத்து பூட்ஸ் கொத்தை விட பெரிதாகவும் இன்னும் அதிக அண்டங்களை உடையதாகவும் இருக்கின்றன. இந்த வித்தியாசங்களினால் ஏன் வயது ரீதியாகவும் ஒரு குறியீடு முறை இருக்கக் கூடாது ?

ஸ்டெபின்ஸ், மற்றும் விட்ஃபோர்ட் இவர்கள் நீள்வட்ட அண்டங்கள் மட்டுமே முறையான விளைவுகளைக் காண்பிக்கின்றன என்று கண்டுபிடித்தது வலியுறுத்தப்பட வேண்டியதாகும். சுருள் அண்டங்கள் யாதொரு முறையான விளைவுகளையும் காண்பிப்பதில்லை. ஏனென்றால், இவைகளின் சுருள்களில் வகை I விண்மீன்கள் இருப்பதினாலாகும். நீள்வட்ட அண்டங்களுக்கும், சுருள் அண்டங்களுக்கும் உள்ள வித்தியாசம் முற்றிலும் தெளிவானதல்ல கொத்துக்களில் நீள்வட்டங்கள் அதிகமாக இருப்பது மோதல்களினால் அவைகளின் வாயு பிரித்து எடுக்கப்பட்டதினாலாகும் என்று அத்தியாயம் 15-ல் பார்த்தோம். ஒரு நீள் அண்டத்தை நாம் பார்க்கும்பொழுது இரண்டு வயதுகள் கருதத்தக்கதாகும். ஒன்று இதன் வகை II விண்மீன்களின் வயது, மற்றொன்று இது மோதலினால் வாயுவை இழந்த பிறகு உள்ள கால வித்தியாசம். இந்த இரண்டாவது வயது முக்கியமாகும். ஏனென்றால், எல்லா வாயுவும் இழக்கப்பட்ட பிறகுகூட வகை I விண்மீன்களில் எவை இன்னும் எஞ்சியிருக்கும் என்ற பிரச்சினையை இது பாதிக்கின்றது. 2,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்குமுன் அதன் வாயுவை இழந்த ஓர் அண்டம் (வாயுவை இழப்பதற்குமுன்) 2,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் ஒளிர்ந்த மிக வெளிச்சமாக இல்லாத வகை I விண்

மீன்களைப் போதிய அளவில் உடையதாக இருக்கலாம். இது அதன் நீல நுனி வெளிப்பட்டை அதிகமாகப் பாதிக்காது. இன்னொரு அண்டம் அதன் வாழ்வை 5,000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் இருந்திருக்கலாம். இந்த நிலையில் வகை I விண்மீன்கள் நீல நுனிக்குப் போதிய அளவு ஆதரவு அளிக்காது. ஒரு கொத்திலுள்ள அண்டம் வாழ்வை இழக்கும் வாய்ப்பு பொதுவாக அந்தக் கொத்தின் செறிவைப் பொறுத்திருக்கும். ஆகையினால், கொத்தின் எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் மாறுபாடு அதன் அண்டங்களின் நிற வரி கோடுகளைப் பாதிக்கலாம். பார்ப்பதற்கு நீள்வட்ட வகையில் இருப்பினும் இது பொருந்தமாகும்.

இந்த இரண்டு கூறுகளான நிகழ்ச்சிகள், அதாவது ஆராயப்பட்ட கொத்துக்களில் இடையே உள்ள நிறமாலை வாழ்வித்தியாசமும் காணப்பட்ட சில நீள்வட்ட அண்டங்களில் வகை I விண்மீன்கள் இருப்பதினால் ஏற்படும் சிக்கல் இவை இரண்டும், வயது ஒன்றாக இருக்கின்றன என்ற விளக்கத்தை ஒட்டிய ஆராய்ச்சி முடிவையிட இயற்கையாக உள்ளன. எவ்வாறெனில், பெருவெடிப்புக் காலத்தில் ஒரு தவிர்க்கமுடியாத நிகழ் ஏற்பட்டதோடு, எப்படிப் பழைய வகை II விண்மீன்களில் ஏற்பட்டிருக்கும் நிற வரிக்கோடு, குறைந்த காலமாகிய 1,000 மில்லியன் ஆண்டுகளில் கருதத்தக்க அளவு பாதிக்கப்படவில்லை என்ற கேள்விக்கு எந்தொரு விளக்கமும் கொடுக்க முடியாமல் இருக்கின்றது. இதைத் தவிர முடிவுடைய யாக்கக் கூடிய ஒரு வாதம் இதுவரை பயன்படுத்தப்படாமல் இருக்கின்றது. கன்னி மேகத்தில் ஒரு நீள்வட்ட அண்டத்திற்கும் மற்றொரு நீள்வட்ட அண்டத்திற்கும் நிறக் குறியீட்டில் கருதத்தக்க அளவில் மாறுபாடுகள் இருப்பதை ஸ்டெபின்ஸ் என்பவரும் விட்போர்ட் என்பவரும் கண்டனர். ஒளியின் பிரமாணத்திற்கான நிற வித்தியாசங்களை இவற்றிற்குப் பயன்படுத்த முடியாது. ஆகையினால் இயற்கையாக உள்ள வித்தியாசங்களைத்தான் நாம் கருதவேண்டும். உறுதி நிலைக் கோட்பாட்டின்படி, முதலில் பரவலாக இருந்த கன்னி மேகத்திலுள்ள பொருள் குவிந்தது என்று மற்ற பல ஆயிரம் மில்லியன் ஆண்டுகள்வரை இருக்கக்கூடிய வயது வித்தியாசங்கள் ஒரே கொத்தில் ஏற்பட வேண்டும் என்ற முடிவைத் தருகின்றது. இது காட்சி ஆய்வுக்குப் பொருந்தியதாக உள்ளது. வெவ்வேறு நிலைக் கொள்கையைப்பற்றி எந்தொரு கருத்து வேற்றுமையும் இருக்க முடியாது.

இந்த காலதாமதத்தின் விளைவு யாதெனில், நீள்வட்ட அண்டங்களின் நிறவரி கோடுகளைக் காட்டிச் சிறப்பிக்கும் ஆய்வதினால் அண்டங்களின் வயதுகளைப் பற்றிய பிரச்சினைகளுக்கு ஒரு

திறன்வாய்ந்த தாக்குமுறை கிடைக்கின்றது என்பதாகும். இது வரை காட்சி முடிவுகளை விளக்குவது ஒரு பெரிய உறுதியற்ற நிலையை உடையதாக இருக்கின்றது. ஆனால், இம்மாதிரியான ஆராய்ச்சி உறுதி நிலைக் கோட்பாடு எழுப்பும் கேள்விக்கு விடையளிக்கக் கூடியதாகும். அதாவது, அண்டங்களின் வயது மாறுபாடுடையனவா, இல்லையா என்ற கேள்விக்கு விடை அளிக்கும். இது இந்த மூன்று கோட்பாடுகளிலிடையே ஒரு குறிப்பிட்ட தேர்வைச் செய்ய மிகவும் பயன்படுவதாக இருக்கும். இந்நிலைகள் இன்னும் உறுதியற்றதாக இருப்பினும் முன்பின் எவரும் கண்டறியாத பகுதிகளில் முதன் முதலாக நுழையும்போது, பெயர்ப் பலகைகளும் திசைகாட்டும் அறிவிப்புப் பலகைகளும் அமைந்த சாலைகள் இருக்கும் என்று எதிர்பார்க்கக் கூடாதல்லவா ?

20. பொருளின் தொடர்ச்சியான தோற்றம்

(The Continuous Origin of Matter)

பொருளின் தோற்றம்-ஒரு விதியாக (The origin of matter as a law)

இக் கடைசி அத்தியாயத்தில் பொருளின் தொடர்ச்சியான தோற்றத்தைப் பற்றிய விபரங்களையும் மற்றும் அதனை ஆதாரமாகக் கொண்ட அண்டக் கோட்பாட்டுக் கொள்கையையும் மேலும் விவாதிக்கவேண்டியிருக்கிறது. பிறப்பிக்கப்படும் பொருள் எங்கிருந்து வருகிறது என்ற கேள்வியைக் கேட்கத் தோன்றுகிறது. ஆனால், விஞ்ஞானத்தைப் பற்றிய விஷயங்களைக் கருத்தில் கொண்டால் இக்கேள்வியானது அர்த்தமற்றதாகும். ஏன் புவியீர்ப்பு ஏற்படுகிறது? மின்சாரப் புலங்கள் ஏன் இருக்க வேண்டும்? பிரபஞ்சம் ஏன் இருக்கவேண்டும்? இந்தக் கேள்விகளெல்லாம் புதிதாய் ஏற்பட்ட பொருள் எங்கிருந்து வந்தது என்ற கேள்வியைப் போன்றவையே யாகும். அவைகள் அர்த்தமற்றவையும் பயனற்றவையுமாகும். பொருத்தமான எவற்றைக் கேட்கலாம் எவற்றைக் கேட்கக்கூடாது என்பதை நிர்ணயித்தலானது விஞ்ஞானத்தின் அமைப்பு முறையைக் குறிப்பாகப் பௌதிகத்தின் விதிகளைப் பொறுத்திருக்கிறது. ஆனால், ஏன் பௌதிகவிதிகள் இப்பொழுதுள்ளதைப் போன்று இருக்கின்றன என்று கேட்டால் பௌதிகத்தின் விதிகள் ஆய்வோடு இசைந்த விளைவுகளை உடையதாய் உள்ளன என்ற ஒரே பதிலைத் தான் நாம் பெறுவோம். ஏன் இந்த இணக்கம் உள்ளது என்று மேலும் கேட்போமாயின், விஞ்ஞானி எந்தவித சந்தர்ப்பத்திலும் பதில் கொடுக்க முடியாத மறைபொருள் ஆராய்ச்சியின் (metaphysics) எல்லையை நாம் அடைகிறோம். சூரியனுடைய அடுத்த முழு ஒளி மறைப்பு (eclipse) எப்பொழுது எங்கு ஏற்படப்போகிறது என்பதை முன்கூட்டிக்

கூற நியூட்டனின் புவிசார்ப்பு விதியை உபயோகிக்கலாம். மேலும், முன்கூட்டிக் கூறலின்படி, சரியாக நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறும் என்று நம்பலாம். ஆனால், இதன் பிறகு நாம் திருப்தியடைந்து விடவேண்டும். ஏன் என்று கேட்க ஆரம்பிக்கக் கூடாது.

பொருளின் தோற்றமானது பௌதிகத்தின் ஒரு விதியாகி விட்டால் அது பொருள் எங்கிருந்து வருகிறது என்பதைப் போன்ற துருவி ஆராயும் கேள்விகளிலிருந்து முற்றிலும் பாது காக்கப்படுகிறது என்று மேற்கூறியவற்றிலிருந்து வெளியாகிறது. இதைப் போன்ற கேள்விகளிலிருந்து பாதுகாக்க, விதியினால், விஞ்ஞான விதியினால், விஞ்ஞானத்தின் செயல் முறையினால் ஒரு தகர்க்க முடியாத கவசமானது அளிக்கப்படுகிறது. ஆனால், பொருளின் தொடர்ச்சியான தோற்றமானது எல்லாத் தாக்கு தல்களிலிருந்து பாதுகாக்கப்படுகிறது என்று இதற்கு அர்த்த மாகாது. தாக்குதலானது ஒரு வேறுபட்ட பகுதியிலிருந்து வர வேண்டும் என்று இதற்கு அர்த்தமாகிறது. ஆய்வோடு விதியின் விளைவுகளை ஒப்பிடுவதிலிருந்து இந்தத் தாக்குதலானது வரவேண் டும். சென்ற அத்தியாயத்தில் சொல்லப்பட்டது இதுவேயாகும்.

இப்பொழுது கூறப்பட்ட நிலைமை புதியதில்லை β-முறையினால் ஒரு நியூட்ரான் ஒரு புரோட்டானாக மாறும்போது ஓர் எலெக்ட் ரானானது வெளிப்படுத்தப்படுகிறது. எலெக்ட்ரானானது பிறப்பிக் கப்படுகிறது. இந்த முறை நடைபெறுவதற்கு முன்பு அது இருக்க வில்லை. ஆனால், இந்த முறைக்குப் பின் அது வாழ்கிறது. ஆயினும், இதுவரை எவரும் எலெக்ட்ரானானது எங்கிருந்து வருகிறது என்ற கேள்வியைப் பற்றிக் கவலைப்படுவதாகத் தெரியவில்லை. β-சிதைவு விதிகளின்படி அது பிறப்பிக்கப்படுகிறது என்று நாம் சொல் கிறோம்.

பொருளின் தொடர்ச்சியான தோற்ற விதியையே விவாதத் திற்கு நாம் எடுத்துக்கொள்ள இது சரியான சமயமாகும். பொரு ளானது, தூண்டுதலின் பல விதங்களை அல்லது வழக்கமாய்ப் புலன்கள் என்று கூறப்படுவனவற்றை உண்டாக்கும் திறமை உடையது. அணுக்கருக்களை ஒன்றாய்ப் பிணைக்கும் ஓர் அணுக் கருப்புலன் (nuclear field) இருக்கிறது. அணுக்கள் ஒளியைக் கவருமாறு செய்யும் மின்காந்தப் புலன் ஒன்று உள்ளது. விண் மீன்களையும் அண்டங்களையும் சேர்த்து வைத்திருக்கும் புவியீர்ப்புப் புலன் ஒன்று உள்ளது. மேலும் மேற்சொன்ன புதிய கொள் கைக்கு ஏற்பப் பொருளைத் தோற்றுவிக்கும் ஆக்கப்புலன் (creation field) ஒன்றும் உள்ளது. மற்றப் பொருளின் தூண்டுதலுக்கு

மறுமொழிப்பாக (response) பொருளானது தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. பின்னால் சொல்லப்பட்ட இந்தப் புலன்தான் பேரண்டத்தை விரியச் செய்கிறது. இந்தப் பலவிதப் புலன்கள் தொலைவு மற்றும் எல்லைக்குட்பட்டத் தொகுப்புகள், அதிகரித்துக்கொண்டு செல்லும் அளவுகளில் அமைந்துள்ளன. அணுக்கருப் புலமானது எல்லாவற்றிலும் சிறிய எல்லையுடையதாயினும், இந்த எல்லைக்குள் இது மிக சக்திவாய்ந்ததாய் இருக்கிறது. அணுக்கருவிலிருந்து விண்மீன்கள் வரை அளவு கொண்ட எல்லை (இந்த எல்லைக்குள் மனிதர்களாகிய நாம் இருக்கிறோம்) முதன்மையான முக்கியத்துவம் உடைய மின்காந்தத் தாக்கங்கள் அடுத்தபடியாக வருகின்றன. கோள்கள் மற்றும் விண்மீன்களிலிருந்து அண்டங்களின் கொத்துக்கள் வரை எல்லாவித அளவுகளின் மேல் ஆதிக்கம் செலுத்தும் புவியீர்ப்புப் புலமானது அடுத்தபடியாய் உள்ளது. கடைசியாகப் பேரண்டத்தின் மிகப்பெரிய அளவுகளில் ஆதிக்கமுடையதாய் இருக்கும் புலன் அதாவது ஆக்கப்புலன் உள்ளது.

இந்த நிலையில் நாம் ஒரு முக்கியமான கட்டத்தை அடைகிறோம். ஆக்கத் தூண்டுதலானது முக்கியமாய் வெகு தொலைவிலுள்ள பொருளினுடைய திரளளவினால் பெறுவதால், அது புள்ளிக்குப் புள்ளி அதிக அளவில் மாறுபடுவதில்லை. சூரியனின் நெருங்கிய தன்மையோ (proximity) அல்லது அண்டத்தினுள் நாம் வசிக்கிறோம் என்ற உண்மையோ இங்குப் புலனின் செயல் அதிகப்படுத்தப்பட்ட தூண்டுதலை உண்டாக்குவதில்லை. அநேகமாய் இந்த ஆக்கத் தூண்டுதலின் செவ்வையான பரவலே (smooth distribution) பெரிய அளவில் பேரண்டத்தின் வெளியிடச் சீரமைப்புக்குக் காரணமாயிருக்கலாம்.

மேக்கின் தத்துவமும் பொதுவான சார்புக் கொள்கையும் (Mach's Principle and the General Theory of Relativity)

அன்றாட நிகழ்ச்சிகள்கூட மிக நெருக்கமாகப் பேரண்டத்தின் பெரிய அளவிலான அம்சங்களோடு தொடர்பு கொண்டுள்ளது விளங்குவதாயிருக்கிறது. இரவில் வானம் கறுத்திருப்பது இதற்கு ஓர் உதாரணமாகும், காற்று மற்றொன்றாகும். பொதுவாகக் காற்று மேற்கிலிருந்து கிழக்குத் திசையில் வீசுகிறது. விமானமார்க்கமாய்ச் செல்லும் ஒவ்வொரு பிரயாணிக்கும் காற்றின் காரணமாய்த் தான் நியூயார்க்கிலிருந்து லண்டனுக்குப் பறந்து செல்லுவதை விட லண்டனிலிருந்து நியூயார்க் செல்லும் நேரம் அதிகமாகிறது என்று தெரியும். வானியல் ஆராய்ச்சியாளர் (meteorologist) இதற்குப் புவி சுற்றுவதினால் ஏற்படுகிறது என்று விவரிக்கிறார். புவியானது தன்னுடைய அச்சை அச்சின்மேல்

மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் சுழலும்படித் திரும்புகிறது என்று அவர் கூறுகிறார். பூமியானது இவ்விரு முறைகள் கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் சுழன்றால் காற்றானது கிழக்கிலிருந்து மேற்கே வீசும். ஐக்கிய அமெரிக்காவின் கிழக்குக் கரையோரமானது ஐரோப்பாவின் மத்தியத் தரைப் பகுதியைப் போன்ற தட்பவெப்ப நிலையை அடையும். வடமேற்கு ஐரோப்பாவானது உறைந்து போகும், மற்றும் குறிப்பிடும்படியாகப் பிரிட்டிஷ் தீவுகள் காம்சட்கா (Kamchatka)வை ஒத்த சீதோஷ்ண நிலையை அடையும்.

மேற்சொன்ன வருங்கால கூற்றுகள் (prognostications) சரியானவையாக நிரூபிக்கப்படும் என்பதில் சிறிதும் சந்தேகமேயில்லை என்றாலும் அல்லாதாயினும் — இப்பொழுதுள்ளதைப் போன்ற சாதாரண காரியங்களுக்குத் தகுதியானதாய் இருந்தாலும் — தர்க்கரீதியான தீவிரப் பொருளில் அதில் பயனுடையதில்லை. ஒரு பொருளானது தன்னைச் சுற்றி வேகமாகச் சுழல்கிறது என்பதைப் பற்றிப் பேசுவதே (முன் அத்தியாயங்களில் நாம் இம்மாதிரி செய்திருந்த போதிலும்!) உண்மையில் சரியற்றது. எந்தமாதிரியும் எனினும் தனியொரு சுற்றி என்பது தோன்றுவதில்லை. ஒரு பொருள் அல்லது மற்றொன்றுக்குச் சார்புள்ளபடி (relative) ஒரு பொருளானது தன்னைச் சுற்றிச் சுழல்கிறது என்று நாம் தெளிவாகக் கூறலாம். ஆனாலும், தனித்த சுழற்சி என்பதொன்றுமில்லை. பூமியானது அதன் மேல்பரப்பில் வசிக்கும் நமக்குச் சுழலுவதாகக் காணப்படுவதில்லை. அதைப் பற்றிய நம் கருத்தானது மற்ற வேறு ஒரு நபரின் கருத்தைப் போன்றுள்ளதே தவிர அதைவிடச் சிறந்ததல்ல. எனவே, பூமியானது தன்னைச் சுற்றி மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் சுழலுவதாய்த் தான் காண்கிறது. பூமியின் மேல் மேற்கிலிருந்து கிழக்காக வீசுகிறது என்று கூறுவது உண்மையில் மிகத் தவறானதாகும். பூமியானது ஒரு பொருள் அல்லது மற்றொன்றுடன் சார்புள்ளபடி சுழலுவதால் காற்றானது குறிப்பாக மேற்கிலிருந்து கிழக்காக வீசுகிறது என்று மட்டுமே நாம் சொல்லலாம். சுழற்சியானது எதைச் சார்ந்துள்ளதாய் இருக்கிறது? (அருகாமை நட்சத்திரன் மேலுள்ள காட்சியாளர் காணும் சுழற்சியா?) சூரியனின் மேலுள்ள காட்சியாளர் காணும் சுழற்சியா? சிரியஸ் (Sirius) மேலுள்ள காட்சியாளர் காணும் சுழற்சியா? (அக்காட்சியாளர் பூமியைக் காண முடியும் என்று வைத்துக் கொண்டால்) ஓர் உருண்டைக் (globular cluster) கொத்தின் மேலுள்ள காட்சியாளர் காணும் சுழற்சியா? ஆண்ட்ரோமிடா நெபுலாவின் மேலுள்ள ஏதோ ஒரு காட்சியாளர் காணும் சுழற்சியா? M[illegible]ன் மேலுள்ள காட்சியாளர் காணும் சுழற்சியா?

இக் கேள்விகளெல்லாம் சலிப்பைத் தரும் ஓர் அம்சத்தை உடையனவாய் இருக்கலாம். ஆனாலும் இவைகளெல்லாம் மிகப் பொருத்தமானவையே யாகும். காட்சியாளர்கள் பூமியின் சுழற்சியை மிகச் சரியாக அளவிட முடிந்தால், அவர்கள் கணித்த அளவீடுகளில் பல ஒன்றுக்கொன்று கிட்டத்தட்ட நெருங்கியவாறு அமைந்திருந்த போதிலும் அவர்களில் ஒவ்வொருவரும் மாறுபட்ட ஒரு விடையையே அடைவர். இந்த அளவீடுகள் தமக்குள் ஒன்றி லிருந்து மற்றொன்று மிகச் சிறு அளவிலாவது மாறுபடும் என்ற நிலைமையானது மேற்கூறிய கேள்விகளில் ஏதாவதொன்றைச் சரியானது என்று ஒப்புக்கொள்ள முடியாதவாறு செய்து விடுகிறது. நாம் அம்மாதிரி செய்தால், அதாவது உதாரணமாய் நாம் சிரியஸின் மேலுள்ள காட்சியாளருக்குச் சார்புள்ளபடி சுழற்சியானது ஏற்படுவதால் பூமியின் மேல் காற்றானது வீசும்படி செய்யப்படுகிறது என்று சொன்னால், மற்றவர்களுக்கு இல்லாது இந்தக் காட்சியாளருக்குமட்டும் ஏன் இந்தத் தனி உரிமை இருக்க வேண்டுமென்பதற்குப் பதில் கூறத் தயாராக வேண்டியிருக்கும். எனவே, இம்மாதிரி பதில் கூறச் சாத்தியமில்லாததை எடுத்துக் கொள்வதை விட ஏதாவது ஒரு காட்சியாளருக்குச் சார்புள்ளபடி ஏற்படும் பூமியின் சுழற்சி மட்டுமே இந்த நிகழ்ச்சிக்கு காரணக் கூறாக இருக்க முடியாது என்று ஒப்புக் கொள்வோம். ஏதாவது ஒரு பொருளுக்கோ அல்லது ஓர் இம்மிக்கோ சார்புள்ளபடி ஏற்படும் பூமியின் சுழற்சியானது இந்நிகழ்ச்சியைத் தீர்மானிக்கும் முடிவான காரணமல்ல என்று சொல்வது சரியானதாய்த்தோன்று கிறது. ஆனால், நாம் ஏதாவது ஒரு சராசரி சுழற்சியைத் தீர்மானிக்கவேண்டியிருக்கிறது அச் சுழற்சியானது பேரண்டத்தின் எல்லாப் பொருளையும் கணக்கில்கொண்டு சராசரியாக அமைய வேண்டும். இம்மாதிரியான சராசரிச் சுழற்சியின் மேல் பூமியி லிருந்து அதிகத் தொலைவுகளில் உள்ள பொருளானது பொருளின் தொடர்ச்சியான தோற்ற விதியில் இருக்கவேண்டியபடி இன்றும் ஆதிக்கமுற்றதாய் இருக்குமென்று நாம் எதிர்பார்க்கலாம். எனவே, நாம் உண்மையில் பேரண்டத்தின், ஆல்பரின் எல்லைக்கு (**Olbers limit**) உட்பட்ட சுமார் 2000 மில்லியன் பார்செக்குகள் அதாவது 40,000,030,000,000,000,000,000 மைல்கள் தொலைவி லுள்ள பொருளுடன் ஒப்பிடக்கூடிய தொலைவிலுள்ள பொருள் களுக்குச் சார்புள்ளபடி ஏற்படும் பூமியின் சுழற்சியே காற்றைப் பூமியின் மேல் வீசும்படி செய்கிறது என்று சிறப்பான வகையில் பதில் கொடுக்கலாம்.

இது ஓர் ஆச்சரியகரமான முடிவாகும்; ஆனால், முற்றிலும் மறுத்துக் கூற முடியாததாகும் என்று நான் நினைக்கிறேன். இது

1893-ல் ஆஸ்திரியாவின் தத்துவ மேதையான எர்ன்ஸ்ட் மேக் (Ernst Mach) என்பவரால் முதலில் விளக்கப்பட்டது. இது பொதுவாக மேக்கின் தத்துவம் (Mach's principle) என்றழைக்கப் படுகிறது. நம்முடைய பொது சார்புக் கொள்கையை ஒழுங்குப் படுத்திக் கூறும்போது ஐன்ஸ்டீனின் (Einstein) சொந்த நோக்கங்களில் ஒன்றானது மேக்கின் தத்துவத்திற்குக் கணித ரீதியில் தெளிவான விளக்கம் கூறுவதே ஆகும். இதன் முடிவில் வெளியான பொதுச் சார்புக் கொள்கை ஒரு விநோதமான இருமைக் கூறு கொள்கையைக் (dichotomy) கொண்டுள்ளது. ஒருவித மன நோக்கில் அது மேக்கின் தத்துவத்திற்குத் தெளிவான விளக்கம் கூறுகிறது. மற்றொரு விதமான நோக்கில் இது மேக்கின் தத்துவத்தை எதிர்க்கிறது. இந்த இருமைக் கூறு கொள்கை மேலும் விரிந்து விவாதிப்பதற்கேற்றதாகும்.

பொருளானது பெரிய அளவில் சீராகப் பரப்பப்பட்டிருக்கிறது என்று நாம் எடுத்துக்கொண்டால், சார்புக் கொள்கையானது ஒருவர் மேக்கின் தத்துவத்தை நிரூபிக்க அனுமதிக்கிறது. இந்த விதத் திருப்தி அளிக்கும் முடிவானது, நாம் பேரண்டத்திலுள்ள பொருள் பெரிய அளவில் சீராகப் பரப்பப்பட்டிருக்கிறது என்று எடுத்துக்கொள்ளா விட்டால் அதற்கேற்றபடி எதிரிடையாய் அமைந்துள்ள முடிவை நிரூபிக்க முடியாமல் போகிற நிலைமையினால் மேலும் வலுப்படுத்தப்படுகிறது. உண்மையிலேயே ஒரு சாதாரண விஷயத்தில் இந்தக் கொள்கையானது முட்டாள்தனமான ஒரு முடிவைக் கொடுக்கிறது. இந்தக் கொள்கையானது பூமி மற்றும் சூரியனை மட்டுமே கொண்ட, வேறெந்தப் பொருளுமே இல்லாத ஒரு பேரண்டத்தைப்பற்றி நாம் நினைக்க அனுமதிக்கிறது. இம்மாதிரியான பேரண்டத்தில் (இக் கொள்கையின்படி) பூமியின் மேல் வீசும் காற்றைக் கட்டுப்படுத்தும் சக்தியை நம் விருப்பப்படி எது வேண்டுமாயினும் செய்யச் செய்யலாம். அதாவது நாம் விரும்பினால் காற்று வரும்போது அதை விரட்டிவிடலாம் மற்றும் காற்றை எதிர்த் திசையில் கிழக்கிலிருந்து மேற்காக வீசும்படி செய்ய விரும்பினாலும் அவ்வாறு செய்யலாம். மேக்கின் தத்துவத்தின்படி அம்மாதிரியான பேரண்டத்தில் சூரியனுக்குச் சார்புள்ளபடியான தடைபெறும் பூமியின் சுழற்சி மட்டுமே அர்த்தமுள்ளதாய் இருக்கவேண்டும். இருந்தபோதிலும் சார்புக் கொள்கையானது சூரியனுக்குச் சார்புள்ளபடி தடைபெறும் பூமியின் சுழற்சியோடு ஒரு விதத்திலும் தொடர்பில்லாத சுழலும் சக்திகளையும் தன்னுள் அனுமதிக்கிறது. இக்கொள்கையின் குறிப்பிடும்படியான இந்தத் தோல்வியே பொருளின் வெளியிடத்து இடச் சார்புள்ள பரவலை மட்டுமே கொண்டுள்ள பேரண்டத்

ளதைப் பற்றிய எந்த ஒரு வாதத்தை எடுத்துக்கொண்டாலும் அதன் தனிப்பட்ட இயல்பாயுள்ளது.

இந்த நிலையைச் சமாளிக்க, முற்றிலும் மாறுபட்ட இரண்டு கருத்துக்கள் தெரிவிக்கப்பட்டுள்ளன. இக்கருத்துக்களில் ஒன்று பேரண்டத்தின் பொருளானது உண்மையில் சீராகப் பரப்பப் பட்டுள்ளது என்றும் இந்த மாதிரியான சந்தர்ப்பத்தில் சார்புக் கொள்கையானது போக்கின் தத்துவத்தைத் திருப்தி செய்கிறது என்றும் சாதிக்கிறது. ஆனால், இக்கருத்தானது ஏன் பேரண்டத்தின் பொருள் பெரிய அளவில் ஒரே சீராகப் பரப்பப்பட்டிருக்க வேண்டும் என்ற கேள்விக்கு விடையளிக்க முயலவேயில்லை. இதற்குப் பதிலாக பேரண்டத்தின் சீரான அமைப்பானது அதன் ஆக்கத்திலிருந்து ஏற்பட்ட ஒரு பண்பாகும் அதாவது, பேரண்டமானது சீரான அமைப்புடனே ஆரம்பித்தது என்றும் அப்பொழுதிலிருந்து ஏறக்குறைய அதே விதமாய் இருந்து வருகிறது என்றும் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. இது அடர்த்தி மிகு அண்டக் கோட்பாட்டுக் (Superdense cosmology) கொள்கையை ஆதரிப்பவர்களின் கருத்தாகும். இக்கருத்தின் விளைவாகப் பேரண்டத்தின் விரிவு மற்றும் பெரிய அளவில் பொருளின் சீரான அமைப்பு முதலியவற்றைப் பேரண்டமானது ஆரம்பித்த விதத் தொடர்புடையதாய் அமைந்துள்ள குணங்களைக் கொள்வதோடு மட்டுமன்றி, பூமியின் மேலுள்ள கார்பனைப் போன்ற உபரிய வான விஷயங்களைக் கட்டுப்படுத்தும் சக்திகளையும் கூடவே கொள்ளவேண்டியிருக்கிறது.

காட்சி ரீதியான சரிபார்த்தல், கொள்கை உருவான சோதனைகளின் பொருத்தம் ஆகியவற்றின் எல்லைக்கு அப்பால் தன்னுடைய தீர்மான முறையினை அமைக்க வேண்டியதான திருப்திகரமற்ற குணத்தை இக்கொள்கை உடையதாயிருந்தாலும், பௌதிக ஆராய்ச்சியாளர்களில் பலர் இந்த முறைக்கு எதிரான எதிர்ப்புத் தெரிவிக்கவில்லை. பல முக்கிய அம்சங்களில் நாம் பேரண்டமானது ஏற்பட்ட விதத்தை எடுத்துக்கொள்ளும் நிலையானது அதே மாய்ப் பௌதிகத்தின் பொது நிலைமையிலும்—அதாவது இடச் சார்புள்ள அமைப்பு முறையில் நடத்தை. ஆதலால் கட்டுப்பாடு களைப் பொருத்திருக்கிறது என்ற நிலைமையிலும் ஏற்படுகிறது இச்சமயத்தில் காணப்படும் ஆய்வுக் கட்டுப்பாடுகள் இப்பொழுது கேள்வியில் இருக்கும் அமைப்பு முறையானது எவ்வாறு இடச் சார்புள்ளதா யிருக்கிறது என்பதைத் தெளிவாக எடுத்துக் கூறும் ஒரு வழியாகும். வெளிப்படையாகவே பேரண்டமானது ஓர் இடச் சார்புள்ள அமைப்பு முறையல்ல. பேரண்டம் என்றும்

சொல்லானது வரையறையின்படி (**definition**) அதில் உள்ள ஒவ்வொரு பொருளையும் குறிக்கிறது. இதன் விளைவாக அன்றாடப் பௌதிகத்தின் பிரச்சினைகளுக்கும் முழுமையான பேரண்டத்தைப் பற்றிய பிரச்சினைகளுக்குமிடையே உண்மையான இணை ஒன்றுமில்லை. இந்த வித்தியாசமானது தீர்மானமானது என்றும் ஆரம்பக் கட்டுப்பாடுகள் எல்லாம் அண்டக் கோட்பாட்டுக் கொள்கையிலிருந்து தவிர்க்கப்பட வேண்டுமென்றும் நான் கருதுகிறேன். இக்கருத்தை ஒப்புக்கொண்டால் மேற்சொன்ன வாதமானது முழுவதுமாகக் கைவிடப்பட வேண்டும். மேலும், அண்டக் கோட்பாட்டுப் பிரச்சினையை அணுகி ஆராய முற்றிலும் ஒரு புதிய முறையை நாம் நாடவேண்டும்.

இம்மாதிரியான புதிய விதமான தாக்குதலானது எந்தத் திசையில் இருக்கவேண்டுமென்பதை முன்பே, சார்புக் கொள்கையானது மாக்கின் தத்துவத்தோடு கொண்டுள்ள தொடர்பைப் பற்றி நாம் விவாதத்தின்போது குறிப்பிட்டோம். இக் கொள்கையானது தவறுதலில்லையானாலும் பூர்த்தியாய் அமையாதது. மேலும், இக் கொள்கையானது வெற்றிகரமாய் இல்லாத சமயத்தில் ஒரு முக்கியமான வேறுபாட்டை ஏற்படுத்தக்கூடியதும் வெற்றிகரமானதாய் உள்ள சமயத்தில் முக்கியமான ஒரு வேறுபாட்டையுமே ஏற்படுத்தாததுமான சில முக்கியப் பாகங்களை உடையதாயில்லாமலிருக்கிறது என்பதை இவ் வாதமானது குறிப்பாக உணர்த்துவதாய்த் தோன்றுகிறது. இச் சமயத்தில் தான் ஆக்கத் தூண்டுதலைக் கணித ரீதியாக விளக்கிக் கூறும் விளக்கமானது முக்கியமாகிறது. ஆக்கப் புலன்கள் மற்றும் அதன் சமன்பாடுகள் ஆகியவற்றைச் சேர்த்துக் கொள்வதின் மூலம் ஒரு சுவாரசியமான வகையில் சார்புக் கொள்கையை மாற்றியமைக்கலாம். இப் புதிய விஷயங்கள் பொருளின் தொடர்ச்சியான தோற்றம் மற்றும் பேரண்டத்தின் விரிவு முதலியவை ஏற்படக் காரணமாய் அமைகின்றன. இப்படியாக உருவாக்கப்பட்ட கணித ரீதியான கொள்கையின் ஆதாரத்தின்மேல் தான் முன் சொல்லப்பட்ட உறுதிநிலைக் கொள்கையைப்பற்றிய வாதங்கள் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

உறுதிநிலைக் கொள்கையின் மூலமாய் அமைந்த நிலை மீண்டும் வற்புறுத்திக் கூறவேண்டிய தொன்றாகும். ஒரு பொதுவான வெளியிடத்துச் சிறமைப்பை நாம் கொள்வோமானால், ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் பொருளின் சராசரி அடர்த்தியானது குறிப்பிட்ட ஒரு தீர்வான மதிப்புக்குக் குறைவாக இருப்பின், அடர்த்தி அக் குறிப்பிட்ட தீர்வான மதிப்பை அடையும் வரை வெளியிடமானது மேலும் மேலும் பொருளினால் நிரப்பப்படுகிறது என்றும் அதன்

பிறகு அந்த அடர்த்தி மாறாமல் வைத்துக் கொள்ளப்படுகிறது என்றும் தெரியவருகிறது. மறுதலையாக பொருளின் சராசரி அடர்த்தி ஆரம்பத்தில் அத் திட்டமான மதிப்பைவிட அதிகமாயிருந்தால், அடர்த்தி முன்போன்று அம்மதிப்புக்கு வரும்படி பேரண்டமானது மிக வேகமாக விரியும். அதன்பிறகு அம்மதிப்பானது மாறாமல் வைத்துக் கொள்ளப்படும். இவ்வாறு பேரண்டமானது நேரத்தைப் பொறுத்த வரையில் சீரான அமைப்பு உள்ளதாய் இருக்கிறது. இது ஓர் கணிதவியல் ஆராய்ச்சிக்குரிய ஒரு கேள்வியை எழுப்புகிறது; வெளியிடத்தைப் பொறுத்தும்கூடப் பேரண்டமானது ஒரு பொதுவான சீரமைப்பைக் கொண்டதாய் இருக்க வேண்டுமா என்பதே அக் கேள்வியாகும். ஒரு சமயத்தில் பேரண்டத்திலுள்ள பொருளானது வெளியிடத்தைப் பொறுத்துச் சீராகப் பரவியிருக்காவிட்டால், கூடிய சீக்கிரத்திலோ அல்லது பிறகோ பொருளானது சீராகப் பரப்பப்பட வேண்டுமா? ஒரு தேவையான கட்டுப்பாட்டுக்கு (essential proviso) இணங்கியபடி இவ்வாறு காண்பிக்க முடிந்தால், அண்டக் கோட்பாட்டுக் கொள்கையின் பிரச்சினையானது தீர்க்கப்பட்டிருக்கும்.

இப்பொழுது சொல்லப்பட்ட கட்டுப்பாடு என்னவென்றால், இக் கொள்கையானது மிகத் தீவிரமாக வெளியிடத்துச் சீரமைப்பை மீறுதலாக இருக்கக்கூடாது என்பதேயாகும். அல்லாவிடில், அண்டங்களின் கொத்துக்கள் உண்டாவதை ஏற்படுத்தும் சுருக்கம் நடைபெற முடியாது. நமக்குத் தேவையானது பெரிய அளவில் சீரான அமைப்பே தவிர முழுமையான சீரான அமைப்பு அல்ல. இது ஒரு முக்கியமான—மற்றும் அபாயமாய் இப் பிரச்சினையின் தீர்மானமான — அம்சமாகும். இதன் முக்கியத்துவத்தைத் தெரிந்து கொள்ளப் போதுமான அடிப்படையில், புதிய அண்டக் கொத்துக்கள் ஏற்படுவதாய்க் கருதப்படும் முறையை நாம் பார்ப்போம். அண்டங்களின் தோற்ற முறையானது மற்றொன்றின் மேல் அதன் வடிவமைப்பை, முன்னிருந்தோ போன்றே ஏற்படுத்துகிறது. முன்னதாகவே இருக்கும் கொத்துக்களின் உள்ளே நடைபெறும் முறைகள், கொத்துக்களின் சில பகுதிகளை முதன்மையான கூட்டத்திலிருந்து பிரிந்து போகும்படி செய்கின்றன என்ற அடிப்படைக் கருத்தானது ஸியாமா (Sciama) என்பவருடையதாகும். இந்த ஆவியாக்கப்பட்ட துண்டுகள் தம்முடைய தகப்பன் கொத்துக்களிலிருந்து (parent clusters) விலகிப் புதியதாய்த் தோற்றுவிக்கப்பட்ட பொருளைக் கவர்கின்றன. அங்கே அவை புதிய கொத்துக்களை ஏற்படுத்தும் சுருங்கும் மையங்களாக வேலை செய்கின்றன. அதன் கருத்தானது தந்திரமானதும் சரியானதுதான்; ஏனென்றால், மற்றெல்லா உள்ள கொத்துக்களிலிருந்து துண்டுகள் பிச்சுப்

ஆவியாகப் போகவேண்டியதுதான். மற்றும் அதன் பிறகு அவை புதிய சுருங்கும் மையங்களாக வேலை செய்ய வேண்டியதுதான். ஆனால் உறுதிநிலைக் கொள்கையின் தேவைகள் இவைவிட மிகவும் கண்டிப்பானவைகளாகும். உறுதிநிலைக் கொள்கையில் நாம் அளவில்லாத எண்ணிக்கையில் அண்டங்களின் தொகையின் தலைமுறைகளைக் கருத்தில் எடுத்துக் கொள்வதால், இவைகளின் தலைமுறைக்குத் தலைமுறையின் இனப் பெருக்க எண் கூறானது மிகச் சரியாக ஒன்றுக்குச் (one) சமமாக இருக்கவேண்டும். அண்டங்கள் மொத்த எண்ணிக்கையின்கூடவே கொத்துக்களின் சராசரி வெளியிட அளவானது (spatial size) தலைமுறைக்குத் தலைமுறை இனப்பெருக்கமடைய வேண்டும். அளவின் இனப் பெருக்க எண் கூறானது ஒன்றுக்குக் குறைவாயிருந்தால் கொத்துக் கள் முடிவில் நசித்துப்போகும். மற்றும் எல்லா அண்டங்களும் ஒன்றாகிவிடும். இதற்கு மாறாக இனப்பெருக்க எண் கூறானது ஒன் றுக்கு அதிகமானதாய் வைத்திருக்கப்பட்டால் கொத்துக்களின் அளவு அளவில்லாதபடி வளரும். மேலும், கடைசியாய்ப் பேரண்டத்தின் பெரிய அளவிலான சீரமைப்பானது அழிக்கப்படும்.

பின் எதுதான் கொத்தின் அளவுகளின் இனப்பெருக்க எண் கூற்றைக் கட்டுப்படுத்துகிறது? அண்டங்களின் மொத்த எண் ணிக்கையைப்பற்றிக் கூறும்போது உள்ளதைப் போன்று அநேக மாய்ப் பொருளின் குறைவுபாடு (shortage) இதற்கு விடையாக இருக்கலாம். ஆனால், நுட்பமான விளைவுகள் சில இதற்குக் காரண மாய் வேலை செய்கின்றன என்று மனத்தில் தோன்றும் எண்ணத் தைக் கைவிடுவது கடினமானதாய் இருக்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிற்குமேல், பேரண்டத்தின் பெரிய அளவிலான ஒன்றாய் இணைக்கும் தேவையானது எல்லாவற்றையும் அடக்கி யாள்வதாகி விடுகிறது என்பது அநேகமாய் நிச்சயமானதாகத் தோன்றுகிறது. சராசரி கொத்தின் அளவானது நிர்மாணமான மதிப்புக்குக் குறை வாக இருந்தால் கொத்தின் அளவுகளின் இனப்பெருக்க எண் கூறானது ஒன்றுக்கு அதிகமாயிருக்கும் அந்தத் நிர்மாணமான மதிப்பு அடையப்படும்வரை தலைமுறைக்குத் தலைமுறை கொத்துக் களின் சராசரி அளவானது வளர்ந்துகொண்டே யிருக்கும்;—அச் சமயத்தில் சீரான அமைப்பை அடையும் போக்கானது இனப் பெருக்க எண்கூற்றை மீண்டும் ஒன்றுக்குக் கொண்டுவந்து விடும் என்று தெரிவிக்கப்படுகிறது, பிறகு ஒரு நிலையான ஒரு நிலைமை ஏற்படும். அத்தருணத்தில் கொத்தின் சராசரி அளவானது அதி கரிக்கவோ அல்லது குறையவோ செய்யாது. உறுதிநிலைக் கொள் கையை ஆதரிப்பவர்களுடைய முக்கியப் பிரச்சினையானது அநேக மாய் இந்த மேற்கோளின் உண்மை நிலையை நிரூபிப்பதேயாகும்.

பின்னுரை

இந்த நான் இரு அத்தியாயங்களில் உள்ள விவாதத்தைப் பற்றிப் பொதுவாய்ச் சுருக்கிக் கூறுவதற்கு இது சரியான சமயமாகும். பெரிய அளவில் சீரான அமைப்பு, விரிவு முதலியவற்றை கண்டோர்க்கும் மற்றும் அண்டங்களைத் தோற்றுவிக்குமாறு செய்யும் தன்னிச்சையான கட்டுப்பாடுகளைத் தேவையற்றதாகச் செய்வதே உறுதிநிலைக் கொள்கையின் நோக்கமாகும். பேரண்டத்தின் முதன்மையான சிறப்புகளை ஏதாவது ஒரு தன்னிச்சையான சட்டத்திற்கு உள்ள குணங்களாகக் கூறுவதற்குப் பதில், பேரண்டத்தின் எல்லாச் சிறப்புகளும் பௌதிகத்தின் எந்த ஒரு ஆரம்பக் கட்டுப்பாடுகளுக்கும் முற்றிலும் உட்படாத விதியின் விளைவுகள் என்பதைக் காண்பிப்பதற்கிடம் குறைந்தபட்சம் அதுவுமே சாத்தியமில்லை என்று கூறுவது நல்லதாய்ப் படுகிறது.

பௌதிகத்தின் விதிகள் எல்லாம் சோதனைக் கூடத்தில் ஏற்படும் சிறிய அளவிலான நிகழ்ச்சிகள் எல்லாவற்றையும் ஆராய்வதின்மூலமாய், அணுக்களின் சிறப்பியல்புகளை, குறிப்பாக அணுக்களின் கருக்களை எடுத்துக்காட்டாகக் கொண்டு ஆராய்வதின் மூலம் கண்டுபிடிக்க வேண்டுமென்பதே இந்நாளைய பௌதிகத்திலிருந்து எதிர்பார்க்கப்படுகிறது இருந்தபோதிலும் — உதாரணமாக, சோதனைக்கூடத்தில் பரிசோதனைகளால் கண்டுபிடிக்கப்படாத — அணு பௌதிகத் துறையில் அதனுடைய தொடர்பு என்னவென்று இன்னமும் தெரியாததுமான ஒரு விதியை நாம் காண்கிறோம். இதுவே புவிஈர்ப்பு விதியாகும். இப் புவிஈர்ப்பைப் பற்றி நமக்குத் தெரிந்தவைகள் எல்லாம் நம் சொந்த சூரியக் குடும்பத்தைப் பற்றிய அளவில், குறிப்பிடத்தக்கவாறு, அமைந்த நிகழ்ச்சி போன்றவற்றை ஆராய்ந்ததின் மூலம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதாகும். (இது நியூட்டன் மற்றும் ஐன்ஸ்டீன் ஆகிய இருவருடைய ஆராய்ச்சிகளையும் குறிப்பிடுகிறது). எனவே, சூரியக் குடும்பத்தை விடப் பெரிய அளவில் பேரண்டத்தைப்பற்றிய ஆராய்ச்சியின்மூலம் பௌதிக விதிகளைச் சேர்த்துக்கொள்ளக்

கூடிய புதிய விதிகள் கிடைக்காது என்று நாம் எடுத்துக் கொள்ளலாமா? ஆல்பர்ஸின் எல்லையின் தொலைவானது சூரியனிடமிருந்து பூமிக்குள்ள தொலைவைவிட 100,000,000,000,000 மடங்கு பெரியதாகும். இவ்வளவு பிரம்மாண்டமான அளவில் பேரண்டத்தைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியானது பூமியின்மேல் மற்றும் ஞாயிற்றுக குடும்பத்தினுல், நாம் தெரிந்துகொண்டவற்றைச் செயற்படுத்துவதின் இன்னொரு பயிற்சிமட்டும்தானா? பெரிய அளவில் நடைபெறும் விஷயங்கள் பல நாம் உள்ளிடத்திலேயே அடைந்த அறிவின் மூலம் தெளிவாக எளிதில் விளக்கப்படக்கூடியதாய் இல்லாதிருப்பின் மேல்சொன்னவாறுதான் இருக்குமோ என நிச்சயமாய்ச் சந்தேகப்படவேண்டியதிருக்கும். நம் முழு அண்டம், அதிலுள்ள விண்மீன்கள், வாயு மேகங்களிலிருந்து அவைகளின் தோற்றம், வாயுமேகங்களின் இயக்கங்கள் மற்றும் அவற்றின் சிறப்பியல்புகள் ஆகியவற்றின் நடத்தையெல்லாம் முழுவதுமாய் நாம் உள்ளிடத்தில் அடைந்த அறிவின்மூலமாக எளிதில் விளக்கப்படக் கூடியதாய்த் தோன்றுகிறது.

சிறப்பு அண்ட (extra galactic scale) அளவிலுள்ள, அண்டங்களின் கொத்துக்களை விடப்பெரிய அளவிலுள்ள ஒரு குறிப்பிடத்தக்க நிகழ்ச்சியை நாம் எடுத்துக் கொள்ளும் போதுதான், உள்ளிடத்தில் நாம் அடைந்த அறிவானது பயனற்றுப் போய்விடும் நிலைமையை அடைகிறோம் — ஏனென்றால், ஒரு முழுத்தொகுதியான (whole lot) தன்னிச்சையான கட்டுப்பாடுகளிடம் நாம் உதவியை நாடுவதானது ஒருமுறிவு என்றே குறிப்பிடுவது நன்றாயிருப்பதாகத் தோன்றுகிறது. எவற்றை நாம் பௌதிக விதிகளின் விளைவுகளாக அடைய வேண்டுமோ, அவற்றை, தன்னிச்சையுள்ள, நாம் அறிந்து கொள்ளமுடியாத, ஒரு காரணமுமின்றித் திணிக்கப்பட்ட கட்டுப்பாடுகளாக ஏற்றுக் கொள்ளவேண்டியிருப்பதால் ஐயப்பாடு ஏற்படுகிறது. இந்த முறையானது பௌதிக உலகத்தின் இடச்சார்புள்ள நடத்தையைப் பற்றி விளக்க முயலும்போது பௌதிக விதிகளைப் பற்றிய அறிவு இல்லாததினுல், தன்னிச்சையான ஆரம்பக்கட்டுபாடுகளின் உதவியை நாடிச்சென்ற நாகரிகங்குறைந்த மக்களின் வழக்கத்தை எடுத்துக் காட்டுவதாய் அமைந்துள்ளது. கடலின் இயக்கத்தைக் கட்டுபடுத்தும் தன்னிச்சையான ஆரம்பக்கட்டுப்பாடுகளைத் நீர்மானிக்கும் கடலின் கடவுள்கள், மேலும் மலையின் கடவுள்கள், காடுகளின் கடவுள்கள், காற்று, ஆண்டிலுள்ள நான்கு பருவங்கள் (seasons), சூரியன், சந்திரன் மற்றும் இதைப் போன்றவைகளின் கடவுள்கள் முதலியோரின் இருப்பை (existence) முற்கோளாகக் (postulates) கொண்டு இக்கட்டுப்பாடுகளிடம் நம்பிக்கை வைக்கப்பட்டது.

இப்பொழுது நமக்குப் புதுமையாகத் தோன்றினாலும், ஒரு சமயத்தில்
இன்றுவரை தீர்க்கப்படாத பிரச்சினைகளைப் போன்று அவ்வளவு
சிக்கலானவையாகத் தோன்றிய பிரச்சினைகளைப் பற்றிய நாகரிகம்
குறைந்த மனிதர்களின் முயற்சிகளை விட பேரண்டத்தைப் பற்றி
நவீனகால மனிதன் செய்யும் முயற்சிகளெல்லாம் சற்றும் சிறந்த
தல்ல என்பதற்கு ஒரு பலமான ஆதாரம் உள்ளது. அதாவது,
ஒரு மாற்றுத்தாக்குதல் சாத்தியமானதாக இருப்பின் கொள்கை
அளவில், நன்னிச்சையான ஆரம்பக் கட்டுப்பாடுகளைத் தவிர்க்க
வேண்டியிருக்கும்.

உறுதியின்மைக் கொள்கையைக் கொடுக்கும் வாதமானது இம்
மாதிரியான தாக்குதலுக்குகந்த ஒரு வழியாகும். எதிர்கொண்டே
பேரண்டத்தின் நிலைமை ஓர் ஆரம்பக் கட்டுப்பாட்டை சார்ந்து
வருவதை பழைய தேவையானது அவசியமற்றது என்று ஒலிக்கப்
பட்டுவிட்டது. ஆனால், பல பிரச்சினைகள் தீராமல் இருக்கின்றன.
இவைகளில் இருபிரச்சினைகள் அண்டக் கொத்துக்களில் சராசரி
அளவு மற்றும் பேரண்டத்தின் பெரிய அளவிலான சீரமைப்பு
ஆகியவைகளைப் பற்றியதாகும்.

இந்தக் கருத்தானது எவ்வளவு தூரம் பலனுள்ளதாயிருக்
கும் என்பதைச் சொல்வது கடினமாகும். ஆனால், அது முழுவது
மாய் வெற்றியளிக்கக் கூடியதாய் எதிர்பார்க்கப்படாதென்றாலும்
போதுமான அளவு பலனளிக்கக் கூடியதாகும் என்பதே என் எண்
ணமாகும். மேலும், செம்மையான மேற்கோள்கள் தேவையானவை
தாய் தோன்றுகின்றன. ஏனெனில் இப்பொழுது தெரிந்திருப்பதை
விட மேலும் குறிப்பிடத்தக்க முறையில் இக்கொள்கையானது
தவிர்க்கும் இம்மியளவில் இயல்பானது நிச்சயம் தொடர்புள்ள
படி இருக்கவேண்டும், பொருளானது ஹைட்ரஜனைத் தோன்று
வதைப் பற்றி நாம் சொல்லியிருக்கிறோம். இக்கருத்தானது சரி
யானது என்பதற்கு இப்பொழுது சக்தி வாய்ந்த சான்று இருக்
கிறது. பேரண்டத்தில் பொருள் ஏன் ஹைட்ரஜனாக பிறப்
பெய்துகிறது? ஹைட்ரஜனானது எல்லா மூலங்களிலும் எளி
மையானதாகும். ஆனால் எளிமையாயிருத்தலை குணத்தை
ஆதாரமாய்க் கொண்ட ஒரு வாதமானது முற்றிலும் திருப்தியளிக்
கக்கூடிய தோன்றவில்லை. ஏன் அது மற்ற மூலகங்களாக இல்லாமல்
ஹைட்ரஜனாக மாத்திரம் உருப்பெறுகிறது என்பதற்கு ஒருவி
வான காரணம் ஒன்று இருக்கவேண்டும் என்று தோன்றுகிறது.
அது என்ன காரணமென்று நமக்குத் தெரியவில்லை. தற்சமயத்
தில் எடுத்துக் கொள்ளப்படும் கொள்கைகளில் அதாவது ஒன்றின்
சட்டதிட்டங்களுக்கு உட்பட்ட ஒரு காரணத்தை நாம் வெளிப்

படையாகச் சொல்லமுடியாது. இருந்தபோதிலும் ஒரு காரணத்தை சொல்லும் வரை நாம் மீண்டும் ஒரு நன்னிச்சையான நிலைமையைச் சமாளிக்க வேண்டியிருக்கிறது மேலே தெரிவிக்கப் பட்ட திட்டங்கள் எல்லாம் வெற்றி கரமானதாய் விளங்கினாலும், இக்கொள்கையானது அது ஏன் மற்ற மூலகங்களெல்லாம் ஹைட்ரஜன் மட்டுமே தோன்றுகிறது என்பதை விளக்கிக் கூறும்வரை, பூர்த்தியற்றதாகவே மதிப்பிடப்படவேண்டும். மேலும், அணுபௌதிகத்தின் விளக்கமான (detailed) கொள்கைகளுடன் இதன் தொடர்பு நிலைநாட்டப்படும் வரை மேற்கூறிய விளக்கமானது தெரியவரும் என்பதை நாம் கற்பனை கூடச்செய்து பார்க்க முடியாது.

இப்பொழுது தான் ஆரம்பிக்கப்பட்டதான, பௌதிகத்தின் நான்காவது புரட்சியைப் பற்றி நாம் முதல் அத்தியாயத்தில் கூறினோம். பேரண்டத்தைப் பற்றி நாம் எடுத்துக்கொண்ட கருத்துக்களை எவ்வாறு இந்தப் புரட்சியானது பாதிக்கும் என்பது இதுவரை தெரியவில்லை என்று மேலும் கூறினோம். பௌதிகத்தின் நான்காவது புரட்சியுடன் தொடர்பு ஏற்படுத்தும்படியான, நமது வாதத்தின் ஒரு முக்கிய கட்டத்தை இப்பொழுது அடைந்து விட்டோம் என்பதாய்த் தோன்றும் எண்ணத்தைப் புறக்கணிப்பது கடினமாயிருக்கிறது. இந்தக் கணத்தில் மனிதனின் மிகச்சிறியவை பற்றிய ஆராய்ச்சியானது மர்மத்தில் முடிகிறது. மிகப் பெரியவை பற்றிய அவனுடைய ஆராய்ச்சியும் மர்மத்தில் முடிவடைகிறது. இவ்விரு மர்மங்களும் ஒன்றோடொன்று நெருக்கமாக இணைக்கப் பட்டுள்ளன என்பதைப் பற்றிய நம்பிக்கையானது பயனற்றதல்ல. முதல் அத்தியாயத்தில் பௌதிகத்தால் சோதிக்கப்பட்ட நிகழ்ச்சியின் அளவின் எல்லையைப் பற்றிக் கூறினோம் ; மிகப் பெரியதின் அளவானது மிகச் சிறியதின் அளவைவிட 10,000,000,000,000,000, 000,000,000,000,000,000,000,000 என்ற பெரும் எண்ணிக்கையில் அதிகமாய் இருக்கிறது. நமக்குள்ள நம்பிக்கை என்ன வென்றால் இப்பெரும் இடைவெளியின் இரு முனைகளும் கெட்டியாக இணைக்கப்பட்டு பௌதிகம் முற்றிலும் மிகச் சிறு பொருள்களைப் பற்றி யல்லாமல் முழுமையான ஒரு வாதச் சுழல் வடிவமாக அமையலாம் என்பதாகும்.

இந்தக் கருத்துக்கு மிகவும் விநோதமாயுள்ள சில ஒத்தமைந்த குணங்கள் (Similarities) ஆதாரமாய் உள்ளன. ஒரு புரோட்டானுக்கும் ஒரு எலெக்ட்ரானுக்கும் இடையே உள்ள மின்விசையோடு அவைகளின் இடையே உள்ள புவியீர்ப்பு விசையினை ஒப்பிடும்போது கிடைக்கும் விகிதத்தை எடுத்துக்கொண்டால்

நாம் மீண்டும் ஒரு அளவிட முடியாத பெரிய எண்ணை அடைய முடியாத பெரிய எண்ணை அடைகிறோம். அது மேலே எழுதப் பட்ட மிகப் பெரிய எண்ணுக்கு மிக அருகாமையில் உள்ளதாக இருக்கிறது. இது ஒரு, தற்செயலைப் பற்றிய ஒரு சாதாரண பொருத்தம் தானா? இதைத் தற்செயலாய் நேர்ந்தது என்று வைத்துக் கொண்டோமானால், ஆகாயவெளியின் எல்லைக்குள் உள்ள நைட்ரஜன் அணுக்களின் எண்ணிக்கையின் வர்க்கமூலத்தைக் கண்டறியும் போது மற்றொரு அளவிடமுடியாத பெரிய எண் மீண்டும் முன்னுள்ள பத்தியில் எழுதப்பட்டுள்ள எண்ணுக்கு மிக அருகாமையிலுள்ள பெரிய எண் கிடைக்கிறது என்ற உண்மையிலிருந்து நாம் என்ன தெரிந்து கொள்கிறோம்? இது மீண்டும் தற்செயலாய் நிகழ்ந்த பொருத்தம் தானா? சூப்பர் நோவாக்களின் (Supernova) மையப் பகுதியிலுள்ள அடர்த்தி யோடு, பேரண்டத்திலுள்ள பொருளின் சராசரி அடர்த்தியின் விகிதத்தை எடுத்துக் கொள்ளும்போது மீண்டும் முன்னுள்ள பத்தியிலுள்ளதை ஒத்த ஒரு எண்ணை அடைகிறோம். இது மேலும் ஒரு பொருத்தமா? (coincidence). இந்தப் பொருத்தங்கள் எல்லாவற்றிற்கும் விடையளிக்க நாம் விரும்பப்படும் வரை, பௌதிகங்கள் விதியை அவற்றை நாம் இன்று அறிந்தவரை பெரும் பாலும் பூர்த்தியடையாதவை என்றும் மிகச் சிறியவை பற்றிய பௌதிகத்துக்கும் மிகப் பெரியவை பற்றிய பௌதிகத்துக்கும் இடையில் உணர்ந்துகொள்ள இயலாதபடி. உள்ள இணைப்புகள் உள்ளன என்றும் நாம் ஏற்றுக்கொள்ள வேண்டியதாகிறது.

இவ்வாறான விசேஷமான தொடர்புகள் எவையாயிருக்கும் என்பதைக் கண்டுபிடிக்கும் கடினமான முயற்சியை எட்டிங் கட்டன் (Eddington) என்பவர் செய்தார். இருந்தபோதிலும் இத் துறையில் செய்யப்பட்ட இவருடைய முயற்சியானது அதிக மதிப் படையாமல் போய்விட்டது. இதற்குக் காரணம் பௌதிக ஆராய்ச்சியாளர்கள், இம்மாதிரியான தொடர்புகள் உள்ளனவா என்று சந்தேகப்படுவதால் அல்ல. இந்தப் பிரச்சினையைத் தீர்க்கும் வகையிலான ஏதாவது உபயோகமான குறிப்புக்கிடைக்குமானால், செய்வதற்கு நமக்குப் போதுமான விஷயங்கள் தெரிந்திருக்கின் றனவா என்பது மிகவும் சந்தேகிக்கப்படுவதே இதன் காரண மாகும். எட்டிங்கட்டின் முயற்சியானது, நாம் பௌதிகத்தின் நான்காவது புரட்சி என்று குறிப்பிட்ட விஷயங்களுக்குப் பட்டே செய்யப்பட்டதாகும். அச் சமயத்தில் பௌதிகமானது மிகவும் பூர்த்தியடையாத நிலையில் இருந்ததாகவும் நான்காவது புரட்சி யின்போது தான் எதிர்பார்க்கப்படும் அளவுக்கு அறிந்துகொள்ள முடியும் என்றும் பொதுவாகக் கருதப்பட்டது.

பேரண்டத்தின் உறுதிநிலைக் கொள்கை பற்றி மேலும் ஒரு விஷயம் கூறவேண்டும். உணர்ச்சி ரீதியான முடிவுகள் இதில் உள்ளன என்னும் உண்மையை இந்தக் கொள்கைக்கு ஒரு ஆதாரமாகக் கொள்ளமுடியாது. சமீபத்தில், நாம் விரும்புகிறோம் என்ற காரணத்திற்காக ஒரு கொள்கையை ஆதரிக்கக் கூடாது என்று மிகச் சரியாக ஹெர்பெர்ட்டிங்கில் என்பவர் எச்சரித்துள்ளார். ஒரு கொள்கையானது ஆய்வோடு ஒப்பியிருத்தலே அதை ஏற்றுக் கொள்வதற்கான ஆதாரமாகும். ஒரு கொள்கையைத் தீவிரமாக விவாதிப்பதற்கான ஆதாரமூலங்கள் (grounds), அக் கொள்கையைக் காட்சி ரீதியான சோதனைகளுக்கு உட்படுத்துவதான சாத்தியக்கூறில் உள்ளன. நாம் சென்ற அத்தியாயத்தில் கண்டது போல், உறுதிநிலைக் கொள்கையானது போதுமான அளவில் இந்தக் கட்டுப்பாட்டைப் பூர்த்திசெய்கிறது. இந்த உறுதிநிலைக் கொள்கை அதனுடன் போட்டியிடும் கொள்கைகளைவிட மேலும் அதிகமாய் காட்சி ரீதியான தணிக்கைக்கு உட்படுத்தக் கூடியதாய் இருக்கவேண்டும். ஏனென்றால், தன்னிச்சையான ஆரம்பக் கட்டுப்பாடுகளைத் தவிர்ப்பதின் மூலம் அக் கொள்கையானது இயல்பாகவே சோதனைக்கு அப்பாலுள்ள தற்கோள்களின் முழுத் தொடரையுமே (Series) அகற்றி விடுகிறது. உதாரணமாக பேரண்டத்தின் பெரும்பாலான முக்கியக் காட்சி ரீதியான சிறப்பியல்புகளை அதன் ஆரம்பக் கட்டுப்பாடுகளாகத் தெரிவிப்பதே, அடர்த்தி மிகுக் கொள்கையின் (supertense theory) பலவீனமாகும்—அதாவது பேரண்டத்தின் விரிவு; அதன் பெரிய அளவில் அமைந்த சீரமைப்பு, அண்டங்களின் சுருக்கம் ஆகியவற்றின் காரணத்தைச் சோதனைக் குட்படுத்த முடியாத ஒரு கொள்கையாக இது தெரிவிக்கிறது. இவ்வாறு இருத்தலானது, விஞ்ஞான ரீதியான ஒரு கொள்கையின் முழு விஷயத்தையும் தரக்கூடிய செய்தியையே—அதாவது, ஒரு கொள்கையின் மதிப்பு அது தவறானது என்று நிரூபிக்கும் சாத்தியக் கூற்றைப் பொறுத்துள்ளது என்னும் கருத்தையே, தவற விடுவதாகும். இதை மிகச் சரியாகக் கோல்டு (Gold) என்பவர், ஒரு கொள்கையானது ஏதாவது மதிப்புள்ளதாய் இருக்கவேண்டுமானால் அது சேதமுறத்தக்கதாக இருக்கவேண்டும் ! என்று விளக்கியுள்ளார். சேதமுறும் தன்மையானது, காட்சி ரீதியான சோதனைகளைப் பொறுத்து வெற்றி அல்லது தோல்வி அடையக் கூடிய கட்டுப்பாடுகளை அளிக்கிறது. மேலும் இதன் மேல்தான் விஞ்ஞானமானது, உண்மையில் எல்லாப் பகுத்தறிவுள்ள வாதமும் ஆதாரப்படுத்தப் பட்டிருக்கிறது. யாரும் அடையமுடியாத, பாதுகாக்கும் கட்டுப்பாடுகளால் அரவணைக்கப்பட்ட ஒரு கொள்கையை உருவாக்குதல்

விஞ்ஞானத்தின் நோக்க மல்ல. எந்தெந்த மார்க்கங்களில் முடியுமோ அவைகளிலுள்ள காட்சி ரீதியான தாக்குதலுக்கு, இலக்காகுமாறு இருக்கக்கூடியதும், அத்தாக்குதல்களை சமாளித்துக்கொண்டு வாழக்கூடியதானதுமான ஒரு கொள்கையை உருவாக்குவதே அந்த நோக்கமாகும்.

தன்னிச்சையான ஆரம்பக் கட்டுப்பாடுகளைத் தவிர்க்கும்படியான அதன் முயற்சியைத் தவிர, ஏன் உறுதிநிலைக் கொள்கையானது. அண்டக் கோட்பாட்டின் வேறெந்தக் கொள்கையை விட மேலும் காட்சி ரீதியான தாக்குதலால் சேதமுறக் கூடியவாறு இருக்கவேண்டு மென்பதற்கு மேலும் ஒரு காரணம் இருக்கிறது. உறுதிநிலைக் கொள்கையானது, நாம் காணும் படியாக உள்ள சிறப்பியல்புகளெல்லாம் இன்னமும் நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் முறைகளின் விளைவுகளாக இருக்கவேண்டுமென்று தெரிவிக்கிறது. மற்றக் கொள்கைகளில், பேரண்டத்தின் பெரும்பாலான முக்கியச் சிறப்பியல்புகள், நடைபெற்று முடிந்த, ஓய்ந்துவிட்ட முறைகளின் விளைவுகளாக ஏற்பட்டனவாகும். அதிகத் தொலைவுகளிலிருந்து கிடைத்த ஒளியை ஆராய்வதின்மூலம், சில விஷயங்களில், ஒரு முந்திய நேரத்திலுள்ள நிலைமையைப் பரிசோதிக்கும் சாத்தியக்கூறு இருக்கலாம். (அவ்வொளியானது தன்னுடைய பிரயாணத்தை மேலும் சற்று முந்திய நேரத்தில் தொடங்குவதால், முந்திய விஷயங்களின் நிலைமையைப் பற்றிய செய்தியைத் தெரிவிக்க சாத்தியமாகிறது. ஆனால் இவ்வாறு செய்வது எப்பொழுதும் சாத்திய மாகாது. மேலும் உண்மையில், இப்பொழுதிலிருந்து மாறுபட்ட நிலையை **(epoch)** ஐயப்பாடின்றிக் குறிப்பிடும் ஒரு சாதகமான ஆராய்ச்சியானது இதுவரை செய்யப்படவில்லை. மாறாக, உறுதிநிலைக் கொள்கையின்படி எல்லா முறைகளும் இன்னமும் நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்க வேண்டும். எனவே தான், அவைகள் ஆராய்ச்சி செய்யக்கூடியனவையாய் இருக்கின்றன. ·இம்மாதிரியாய் உறுதிநிலைக் கொள்கையானது வேறெந்தக் கொள்கையைவிட ஆராய்ச்சிக்கு ஒரு பலமாய் அமைந்த பாதையை வகுத்துக் கொடுக்கிறது. ஏனெனில், உறுதிநிலைக் கொள்கையின்படி, நேரிடையாக (எப்படியும் தத்துவரீதியிலாவது) சரிபார்க்க முடியாத, அண்டக் கோட்பாட்டின் அம்சம் ஒன்றுமே யில்லை. நாம் ஒரு கொள்கையை உணர்ச்சி வசமாக ஒப்புக் கொள்கை கூடாது என்பது உண்மை தான். பேரண்டத்தை முற்றிலும் புரிந்து கொள்வதற்கு உதவும் கொள்கையை நிலைநாட்ட முயல்வது உணர்ச்சி ரீதியானது என்று சொல்ல முடியாது. பரிசு மிகவும் உயர்ந்தது. ஆகையினால், வென்றாலும் தோற்றாலும் நாம் முயல்வது தகுதியானதே யாகும்.

கலைச்சொற்கள்

(தமிழ் – ஆங்கிலம்)

அண்டம்	—	Galaxy
அமுக்கம்	—	Compression
ஈர்ப்பு	—	Gravity
உறுதிநிலைக் கொள்கை	—	Steady state theory
எரிமீன்கள்	—	Meteors
ஒளிக்கதிர் வக்கரிப்பு	—	Polarisation of light
ஒளிக்கோசம்	—	Photo sphere
ஒளிமின் விளைவு	—	Photo electric effect
ஒளிவட்டம்	—	Corona
ஒழுங்கற்ற மாறிகள்	—	Irregular Variables
ஐசோடோப்புகள்	—	Isotopes
கடல் அடிப்பாறை	—	Sub-marine canyons
கன்னி மேகம்	—	Virgo
கம்பிச் சுருள்கள்	—	Band spirals
குறுமீன்கள்	—	Dwarfs
கோள்கள்	—	Planets
சனி	—	Saturn
சார்புக் கொள்கை	—	Relativity theory
சிதையும் அழுத்தம்	—	Degeneracy pressure
சிவப்பு குறுமீன்கள்	—	Red drwarfs
சுருள்கிளைகள்	—	Spiral arms
செவ்வாய்	—	Mars
ஞாயிற்றுக் கறைகள்	—	Sun spots
துணைக் குறுமீன்கள்	—	Sub drwarfs
துணைக் கோள்கள்	—	Satellites
தொலைவு காட்டிகள்	—	Distance indicators
நகர்முறைக் கடத்தல்	—	Correction

நிறக் கோடுகள்	—	Spectral lines
நிற மண்டலம்	—	Chromosphere
நேர்மின் ஏற்றம்	—	Positive charge
நேர் வேகம்	—	Velocity
புது மீன்கள்	—	Novae
புதன்	—	Mercury
பெருமீன்கள்	—	Giants
பொருண்மை அழியாவிதி	—	Low of conservation of energy
பொருண்மை வேகம்	—	Momentum
வசிட்டர்	—	Mizar
வியாழன்	—	Jupiter
வெள்ளி	—	Venus

கலைச்சொற்கள்

(ஆங்கிலம்--தமிழ்)

Band Spirals — கம்பிச் சுருள்கள்
Chromosphere — நிறமண்டலம்
Compression — அமுக்கம்
Correction — நகர்முறைக் கடத்தல்
Corona — ஒளிவட்டம்
Degeneracy pressure — சிதையும் அழுத்தம்
Distance indicators — தொலைவு காட்டிகள்
Dwarfs — குறுமீன்கள்
Galaxy — அண்டம்
Giants — பெருமீன்கள்
Gravity — ஈர்ப்பு
Irregular Variables — ஒழுங்கற்ற மாறிகள்
Isotopes — ஐசோடோப்புகள்
Jupiter — வியாழன்
Law of conservation of energy — பொருண்மை அழியாவிதி
Mars — செவ்வாய்
Mercury — புதன்
Meteors — எரிமீன்கள்
Mizar — வசிட்டர்
Momentum — பொருண்மை வேகம்
Novoe — புது மீன்கள்
Photo electric effect — ஒளிமின் விளைவு
Photo sphere — ஒளிக்கோசம்
Planets — கோள்கள்
Polarisation of light — ஒளிக்கதிர் வக்கரிப்பு
Poaitive charge — நேர்மின் ஏற்றம்
Red dwarfs — சிவப்புக் குறுமீன்கள்

Relativity theory — சார்புக் கொள்கை
Satellites — துணைக்கோள்கள்
Saturn — சனி
Spectral lines — நிறக்கோடுகள்
Spiral arms — சுருள் கிளைகள்
Steady state theory — உறுதிநிலைக் கொள்கை (கோட்பாடு)

Sub drwarfs — துணைக்குறு மீன்கள்
Sub-marine canyons — கடல் அடிப்பாறைகள்
Sun spots — ஞாயிற்றுக் கறைகள்
Velocity — நேர் வேகம்
Venus — வெள்ளி
Virgo — கன்னிமேகம்

பொருட்குறிப்பு

அணுக்கள்... }
உருவாக்கம் } , 41
பரிமாணம், 41
அயனிப்படுத்தப்பட்டவை, 58
அணுக்குளிர் வட்டம், 250
அண்டங்களின் காமாக்
  கொத்து, 326, 390
அண்டத்தின் இளமைப்பு, 357
அண்டங்களின் கதிரொளிக்
  கொத்து, 326, 364, 405
அண்டக்கதிர்கள் (காஸ்மிக்
  கதிர்கள்), 71
—தன்மை, 306
—மூலம், 305
—விண்மீன்களின் உருவாக்
  கம், 307
அண்டம், வயது, 177
வளையத்தின் தொலைவு, 198
ஒளிவட்டம், 202
விண்மீன் தொகுதிகள், 201
பரிமாணம், 267
சுருள் கிளைகள், 270
கிளைகளில் வாயுவும் தூசும்,
  273, 274
சுருள்கிளைகளில் விண்மீன்
  களின் குவிவு, 278
வெப்ப ஹைட்ரஜன் மேகங்
  களின் கதிர் கடத்தல், 317
தனிப்பட்ட மூலங்களின் கதிர்
  வெளிப்பாடு, 318
பொதுப்படையான கதிர்
  வெளிப்பாடு, 321
மையத்திலிருந்து வெளிப்பாடு,
  அண்டம், 321
—வட்டத்தகட்டுப் பொருள்
  கள், 341
—சுருள் கிளைகளின் காந்தப்
  புலன்கள், 303
—பொருண்மை, 325, 390
அண்டங்கள்,
—கொத்துக்களில், 323
—வானவெளியில் பரவல்,
  325
—கண்டுபிடிக்கக் கூடிய எல்லை
  கள், 326
—நீள் வட்ட., 327
இடை மோதல்கள், 332
கதிர் வெளிப்பாடு, 333
அண்டத்தின் இடைகளிலே
  உள்ள—பாலங்களும் காந்
  தப் புலன்களும், 345
சிறப்புடைய அண்ட மோதங்
  களின் கொத்துக்களாகப்
  பிரிவது, 348
பொருளமைவுகள், 353, 390
மிகப் பெரிய அண்டம், 358
சுருங்கல், 378, 395, 418
நிறவரிசை கோடுகள், 401
சிவப்பு நிற ஒதுக்கத்தினால்
  ஏற்படும் நிறவரிசை கோடு
  மாற்றமைப்பு, 401
தொலைவிலிருந்து ஒளிக் கடத்
  தலுக்கான நேரம், 402
கொத்துக்களின் பரிமாணம்
  களும் எண்ணிக்கைகளும்,
  406
அயனிப்படுத்துவது, 59, 132,
147

அருகாமையில் உள்ள விண்மீன்கள், 216
அண்டக் கதிர் அலைகள், 336
ஆல்கோல் இரட்டை விண்மீன்களும் அவைகளின் படிமுறை வளர்ச்சியும், 233
ஆல்பரின் புதிர், 363
ஆக்ஸிஜன், 61
ஐஸோடோப்புக்கள், 64, 75
உருவாக்கம், 180
எரிப்பு, 245
இடம் சார்ந்த கூட்டம், 324, 369, 390, 394
ஈர்ப்புக் கோட்பாடு மாறுபாடு, 379
உருண்டைக் கொத்துக்கள்
விண்மீன்கள், 175, 188, 336
ஆக்கம், 359
நிறம், 401
உலோகங்கள்
விண்மீன்களில், 212, 220
எரிமீன்கள், 31
எரிமலைகள், 38
எலெக்ட்ரான்கள், 58
ஒழுங்கற்ற மாறிகள், 227
ஒளி மின் விளைவு, 59
ஒளி,
—அலை குவாண்டம் தன்மை, 51
ஒள் கதிர் வக்கரிப்பு, 301
பசைப் பொருள்கள், 115, 118
ஓரியன் நெபுலா, 103
ஃபோர்னுக்ஸ் தொகுதி, 324, 338, 360
கடல் அடி பாறைகள், 43
கருமையான சிறு கோளங்கள், 291
கதிரியக்கம் பொதுத் தன்மைகள், 50
கதிரியக்க வானியல், 315
கதிரியக்கத் தன்மையுடைய ஈயம், 77
கன்னி மேக அண்டங்கள், 326, 369, 407
கதிரலைகள்
—ஞாயிற்று, 137
சார்பற்ற ஹைட்ரஜன் அணுக்களினால் வெளியிடப்படும் கதிரலைகள், 276
—வெப்ப ஹைட்ரஜனிலிருந்து, 316, 317
—மோது அண்டங்களிலிருந்து, 333
—பொதுவாக அண்டங்களிலிருந்து, 334
கடல் மற்றும் வளி சார்ந்த புவி அலை எழுச்சிகள், 273
சரிக்கட்டுதல், 3
கார்பன் நைட்ரஜன் சுழற்சி, 168
கார்பன் விண்மீன்கள், 286
கேஸ்டர், 298
காஸியோபியா
கதிர்மூலம், 318, 320
காந்தப்புலன்கள், 112
ஞாயிறுமேல், 133
ஞாயிற்றுக் கறைகளில், 134
சுடர்க் கொழுந்துகளில், 135
விண்மீன்களில், 303
ஞாயிற்று மூலம், 304
சுருள் அண்டங்களில், 329
சுருள் கிளைகளில், 303, 345
மூலம், 360
காந்த விண்மீன்கள், 305, 312
வளிகளில் அதிகமாகக் காணப்படும் இரசாயனப் பொருள்கள், 313
ஊசலாட்டங்கள், 314
குறுமீன்கள், 212

கட்டணுக்கள், 56, 284, 294, 361
இடைப்பொருள்கள், நீக்கல் வரையல், 57
கோள் வட்டம் வளர்ச்சி, 107
கோள்கள் தோற்றம், 101, 265
சுழற்சி, 120
கோள் பொருள் மூலம், 102
கட்டமைப்பு, 107
கோளப் பொருளமைப்பின் வேகமாற்றம்,
சூரியனிலிருந்து, 110
கோள் தொகுதியின்
அதிர் வெண்கள், 63
பொதுவாக, 126
சந்திரசேகர் எல்லை, 182, 241
சந்திரன் புவியைவிட்டு அப்பால் செல்வது, 6
சூக்கல், 92
எரிமலை வினை, 93
எரிமலை வாயுக்கள், 93
வெளிச்சக் கதிர்கள், 94
எரிமலை வாயுக்களின் மூலமும் தன்மையும், 94
பேரிராக்கள், 56
தூசு, 99
சனி, 85
சுருள்கள், 116
சார்புக் கொள்கை, 411
சிக்னலின் அலகுகள் மோதல், 334
சிதைவடைந்த விண்மீன்களின் வட்டுற கதிர் அழுத்தம், 247, 248
சிவப்புக் குறுமீன்கள், 214
திக்கொழுந்து, 218
சிவப்புப் பெருமீன்கள், 214, 215
சிற்பித் தொகுதி, 324, 360
சிரியஸ், 165, 299
சிதைவு அழுத்தம், 181, 241
சிறப்புப் புதுமீன்கள், 102, 254, 291
இரு வகைகள், 260
சிறை UV, 240, 304
சிக்கைபடுகள், 214, 221
சுழல் இணைகளின் காப்பீக் கோரப்பைக் கோட்பாடு, 343
செவ்வாய்
பொருள்களையும் அடர்த்தியும், 81
— உட்புற அழுத்தம், 82
— காட்டமைப்பு குளிர்வும், 82
சூரியன்
வாயுப் பெருக்கம், 14
— அளவுத் தொகுதி, 104
வளி தனிவட்டம் —திறமண்டலம் வெப்ப நிலை பரிமாணம், 129, 130
தனி வட்ட வெப்ப நிலை பரிமாணம், 130, 131
வளி அல்ட்ரா வயலட் —ஒளி மற்றும் எக்ஸ் கதிர்கள், 132
சூரியத் சக்தி, 132
(தொடர்ச்சி)
சுடர் கொழுந்துகள், 134
ஒளிர்வுகள், 137
காலவரிக் கதிர்கள், 137
கதிர் அலைகள், 137
ஒளிக் கோளத்தில் உள்ள நிலை, 157
சூரியன்
மீன்கள் பலமாய் விரும்பாது, 14
சூரியன் ஆக்கம், 79, 155
சுழற்சி, 103
சுருக்கம், 104

அல்ட்ராவயலட் கதிர்களும் எக்ஸ் கதிர்களும், 131
பொருளின் உள் வீழ்ச்சி, 142
விண்மீன் பொருள் சேர்க்கை, 143
ஒளி வட்டத்தின் தொலைவுப் பகுதி, 146
ஒளிக் கதிர்கள், 133
வெப்ப நிலை, அடர்த்தி அழுத்தம் உட்புறத்தில், 155
உட்புறத்தில் நகர் முறைக் கடத்தல் கதிரியக்க ஆற்றல் பாய்ச்சல், 159
ஞாயிற்றுக் கறைகள், 134
டிரேக்கோ தொகுதி, 203
தனிமங்கள் தன்மை, 62
கனத் தனிமங்களின் ஆக்கம், 245
நடுத்தர ஒளியின் ஆக்கம், 245
தனிமங்களின் மூல அமைப்பு, 261
தனிச் சிறப்பு அண்ட நெபுலாக்கள்
உட்புறத்தில் வெப்ப நிலை அடர்த்தி, 349
அண்டக் கொத்துக்களாகப் பிரிந்தல், 352
தொலைவுகாட்டிகள்
R R லைரே விண்மீன்கள் இவைகளாக, 198
நண்டு நெபுலா, 149, 255, 261, 318,
நியான் ஆக்கம், 184
எரிப்பு, 246
நியூட்ரினோ நோக்கங்கள், 66, 80, 170
நியூட்ரான்கள், 63, 245
நியூட்ரான் ஆராய்ச்சி நூல், 49
நிறக் கோடுகள், 269
நீலப் பெருமீன்கள், 214
நெப்டியூன், 88, 117
நேர்வேக நிர்ணயங்கள், 270, 371
நேர்வேகத் தொலைவுச் சார்பு, 372
ராஸெட்டி நெபுலா, 292
பனிக்கட்டிக் காலங்கள் நான்கில் ஒரு பங்கு, 7
வெப்ப மண்டலம், அரை வெப்ப மண்டலம், 17
சோதனைக் கோட்பாடுகள், 23
படிமுறைத் தொகுதி, 335
பச்சைநிற விட்டு விளைவு, 52
பாசிட்ரான், 80
பார்செக், 199
பிளியாடிஸ், 165, 230
பிலியோனே, 165
பிரிஸெடா, 232
புரோவியான், 258
புரோட்டான்கள், 60
புரோட்டான் தொகுப்பு, 80, 167
புளுடோ, 89
அடர்த்தி, 90
புவி ஞாயிறை நோக்கிச் சுருளுவது, 5
சுழற்சி அச்சு, 17, 18
வெப்பமண்டலம், மற்றும் அரைவெப்ப மண்டலம் சார்ந்தபனி வழிக்குரிய, 16
மத்தியரேகைப் புடைப்பு, 18
துருவ ஒதுக்கம், 22
மேற்புற உட்புற ஒழுங்கற்ற அமைப்புக்கள், 19
அலைப்பு முறை, 19
புரளுவதால் ஏற்படும் பனிக்கட்டிக் காலம், 21

உள்ளகமும்
  மேற்போர்வையும், 25
கண்டங்களின் பருமன், 26
உட்புற அடர்த்தி, 26
உட்புற அழுத்தம், 27
உட்புற வெப்ப நிலை, 31
உள்ளகத்தின் அமைப்பு, 25
அழுத்தத்தினால் ஏற்படும்
  வெப்பம், 35
கடல்களின் ஆழம், 41
கண்டங்களின் ஆழம், 41
மேற்பகுதியில் ஆவியாகும்
  பொருள்கள், 44
மேற்பகுதியில் உலோகக்
  கட்டிகளின் இருப்பு, 45
மேற்பகுதியில் எண்ணெயின்
  இருப்பு, 45
எதிர்காலம், 47
வயது, 76
பொருளின் மூலம், 265
காற்றுகள், 411
புவியின் வளியின் வழியே
  விழும் எரிமீன்கள், 47
புவி மனை, 13
வளி, எரிமீன்களின்
  உட்புகுதல், 13
புது மீன்கள், 192
புவியின் நாளின் காலம், 2
பூகம்பங்கள், 28, 47
பெருமீன்கள், 214
பெருமீன்களுக்கும், சிவப்புப் பெருமீன்களுக்கும் உள்ள மாறுபாடுகள், 218
பேரண்டம்
— வயது, 367
— விரிவு, 369, 383
— மூலம், 376
— அதிக அடர்த்தி நிலை, 377, 385
— உறுதி நிலை, 383
— பொருளின் சராசரி அடர்த்தி, 393
— உறுதி நிலைக் கொள்கை சோதனைகள், 395
— பேரண்ட விரிவினால் ஏற்படும் துண்டிப்பு, 375
— பேரண்டத்தின் விரிவு, 375
— பேரண்டத்தின் உறுதி நிலைக் கொள்கை, 383
— சோதனைகள், 396
— பேரண்டத்தின் அதிக அடர்த்தி நிலை, 377, 385
பொட்டாசியம் (கதிரியக்கத் திறன் வாய்ந்த), 33
பொருளின் தொடர்ச்சி
  மூலம், 261, 387
மாக்கின் கொள்கை, 411
மீப்பெருமீன்கள், 214
முக்கிய வரிசை, 169
மூலம் (பிறப்பு)
  உயிரினங்கள், 122
— கோள்களின், 101
— பல கூட்டான
  விண்மீன்கள், 296
— ஞாயிற்றுக் குடும்பம், 300
— ஞாயிறு மற்றும் விண்மீன்களின் காந்தப் புலன்கள், 303
— அண்டக் கதிர்கள், 306
— டியூட்ரியம், 313
— லிதியம், பெரிலியம்,
  போரான், 314
— அண்டக் கதிர் அலைகள், 318
— நீள்வட்ட அண்டங்கள், 331
— விண்மீன்கள், 347

-- காந்தப் புலன்கள், 360
-- பேரண்டம், 376
-- பொருள் 409
வகைப்படுத்தப் படாத — விண்மீன்களின் படிமுறை வளர்ச்சி , 169, 131
விண்மீன்கள், 172
மெகலனிக் மேகங்கள், 296
தொலைவு, 204
மெசான்கள், 307
யுரேனியம், 32, 65, 77
புவியின் மேற்பரப்புப் பாறைகளில், 47
வகை I, வகை II விண்மீன்களின் வயதுகள், 337
வகை I, வகை II, விண்மீன்களின் கட்டமைப்பு, 337
வகை II விண்மீன்கள் அண்டக் கருவில், 335
மெகலனிக் மேகங்கள், 335
வயது, 337
ஞாயிறு, 347, 354
பெருவாக்கங்கள், 355
— நிறம், 399
வால் மீன்கள், 13
— விளைவு, 13
வாயு ரவைகள் (Gas bullets) 294
விண்மீன்களின் தாரைகளின் சிதறல், 281, 289
விரிவுகோள வாயு மேகங்கள், 291
விண்மீன்களின் வாயுமேகங்கள், 104, 143
குளிர்வு, 280
தூசுக் கூட்டணுக்களும், 284
விண்மீன்களாகப் பிரிதல், 287
நீலப்பெருமீன்களின் கூட்டாக்கம் , 288
மறைவுத் தன்மை, 291
விண்மீன்களின் அமைவிடங்கள், 164
வளர்ச்சி, 214
சிதைவு, 232
விண்மீன்களின்
முக்கிய வரிசையின் பொருண்மைகள், 161
கலப்படிமுறை வளர்ச்சி, 169
கலப்படா நிறமாலையின் வளர்ச்சி, 171
ஞாயிற்று வகையின் வளர்ச்சி, 172
உருவமைவுக் கொத்துக்கள், 172
உட்புறத்தில் ஹீலியம் உள்ளவைகள், 180
நிலை உள்ளதும் நிலையில்லாததும், 187
R. R. லைரீ, 187
பொதுச் செய்திகள், 212
அண்மை, 215
ஆற்றல் உற்பத்தி, 241
உட்புறத்தில் தனிமங்களின் உற்பத்தி, சிதைவடைந்த நிலை உட்புறத்தில் அழுத்தம் , 245
கருங் நிலைகளில் குளிர்வு, 279
கொத்துக்களின் உருவாக்கம், 280
கார்பன், 286
பிரிதல், 287
T டாரீ, 293
வட்ட முறை ஆக்கம், 295
பல கூட்டான விண்மீன்களின் மூலம், 296
தொலைவிலிருந்து ஒளியின் வக்கரிப்பு, 301
காந்தம், 312
இருவகைகள், 336
வியாழன், 38
கட்டமைப்பு, 89

குவிரல், 115
ஸ்கார்பியோ-செண்ட்ரஸ், 282
வெடிக்கும் விண்மீன்கள், 102
வெடிநிலைகள், 253
வெள்ளி, 81
உட்புறம், 82
நீர் இல்லாமை, 83
வளி, 85
என்னொய், 86
சுழற்சி, 87
மேகங்கள், 87
கடல்கள், 88
குளிர்வு, 114
வெள்ளைக் குறு மீன்கள், 214, 257, 298
மூலம், 191
ஹப்பிஸ் எண், 376
மதிப்பு, 389
கட்டுப்பாடு, 392
ஹீலியம் எரிப்பு, 185, 243
ஹீலியம் உள்ளகங்கள் ஆக்கம் வெடிப்பு, 179, 183, 220
ஹெர்ட்ஸ் புருஸ்-ரஸ்ஸல் படம், 163
ஹைட்ரா அண்டக் கொத்துக்கள், 326, 369
ஹைட்ரோ கார்பன்கள், 46, 86, 117
(1) A E ஆருகி, 291
(2) B-சிதைவு, 66
(3) C^{14}—அரைக்கோடு கல்வெட்டு சரித்திரப்பயன், 70
(4) E உரீ, மூகாங்கரி, 298
(5) I C. 1613, 324, 331, 360
(6) G கொலம்பி, 291
(7) M_{3}, 178, 187, 197
(8) M_{31}, 209, 321, 324, 336, 345, 390
தொலைவு, 203
பரிமாணம். 268
சுருங்கிளைகள், 270
கதிர் வெளிப்பாடு, 336
M_{33}, 270, 324, 353
திறவளைகோடு, 401
M_{83}, 321, 324
M_{81}, 324, 316
M_{61}, 336, 369, 390
தொலைவு, 210, 226
கதிர்வெளிப்பாடு, 336
M_{87}, 210, 398
M_{92}, 175, 187
(9) N G C, 205, 271, 324, 353
N G C 4594; 210, 333, 359
(10) RR லைரீ விண்மீன்கள், 187
(11) T டாரி விண்மீன்கள், 293
(12) w உர்ஸா மெஜோரிஸ் விண்மீன்கள், 127
(13) ξ ஹெர்குலிஸ், 175

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்
சென்னை
1971 ஜூலை வரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்

			ரூ.	காசு
*1.	பொருளாதாரம்—I	சி. வேலாயுதம்	6	50
*1-A	,, II	,,	9	00
*2.	சோவியத் பொருளாதார வளர்ச்சி	டாக்டர் எம். ஜே. கே. தவராஜ்	4	25
*3.	அமெரிக்கப் பொருளாதாரம்	,,	4	50
*4.	பொருளாதாரச் சிந்தனை வரலாறு	சோணாசலம்	7	00
*5.	பன்னாட்டு வாணிபம்	மு. ஆரோக்கியசாமி	6	00
6.	புதுமைப் பொருளாதாரக் கூறுகள்	திருமதி ஆர். தாமரஜாட்சி	12	00
7.	பொருளாதாரம் ஓர் அறிமுகம்—I	இ. சி. மோகன்	12	00
8.	,, II	எம். ஏ. அபூர்வசாமி, பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	10	75
9.	பொருளாதாரக் கோட்பாடு வளர்ந்த வரலாறு	க. முத்தையன்	7	00
*10.	பணவியலும் பாங்கியலும்—I	சி. வேலாயுதம்	6	75
*11.	,, II	,,	11	50
12.	நவீன பாங்கு இயல்	க. வெற்றிவேல்	5	00
*13.	இந்தியச் செலாவணியும் பாங்கு முறையும்	பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	5	50
*14.	அரசாங்க நிதி இயல்	அர. சேஷாசலம்	4	75

* மூல நூல் (Original Book)

பொருளாதாரம்—(தொடர்ச்சி)

			ரூ.	காசு
15.	இந்தியப் பொருளியல்—I	எம். பாலசுப்பிரமணியன்	10	00
16.	,, II	எம். ஆர்துநாதன்	4	25
17.	நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை—I	சி. சுந்தரராஜன்	10	75
18.	,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	10	50
19.	இங்கிலாந்தின் பொருளாதார வரலாறு—I	சீ. சி. இராமசாமி	6	00
20.	,, II	,,	6	00
21.	அமெரிக்காவின் நவீன பொருளாதார வளர்ச்சி	தி. சி. மோகன்	5	00
22.	அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு—I	மு. க. சுப்பிரமணியம்	11	00
23.	,, II	பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	6	00
24.	,, III	,,	6	50
25.	அரசாங்க நிதியியலின் பொருளாதாரம்—I	மா. குமாரசாமி	10	00
26.	,, II	அ. சேஷாசலம்	9	50
27.	இந்தியாவின் பொருளாதார வளர்ச்சி—I	தே. வேலப்பன்	10	00
28.	,, II	ஜி. சிதம்பரம்	8	00
29.	பணம்—சிறு விளக்கம்	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	10	00
*30.	வணிக இயலின் தத்துவங்கள்	கு. ஆளுடையபிள்ளை	9	50
31.	பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டில் கிரேட் பிரிட்டனில் தொழில்-வாணிகப் புரட்சி	கு. ரா. கருப்பண்ணன்	11	00
32.	பென்ஹாம் பொருளாதாரம்—I	ஏ. குழந்தை	11	00
33.	,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	7	00
*34.	வரவு செலவுத் திட்டம்	ஆர். ரங்காச்சாரி	6	00
35.	பன்னாட்டுப் பொருளாதாரம்—I	ஏ. குழந்தை	7	50
36.	,, II	கே. எஸ். இராமசாமி	9	00

37.	பொருளாதார ஆய்வு நூல்—I	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	7	75
38.	,, II	,,	7	00
39.	வளர்ச்சியுறாத நாடுகளின் அரசாங்க நிதியியல்	க. வெற்றிவேல்	4	25
40.	வளர்ச்சி குறைந்த நாடுகளின் முதலாக்கம் பற்றிய சிக்கல்கள்	மா. குமாரசாமி	5	50
41.	1939 முதல் இந்தியாவில் பணவீக்க விலைப் போக்குகள்	சி. சுந்தரராஜன்	7	50
42.	பொருளாதார வளர்ச்சிபற்றிய கட்டுரைகள்	எம். கே. சுப்பிரமணியம்	7	75
43.	இந்தியப் பொருளாதார வரலாறு (1857--1956)—I	ம. திருநாவுக்கரசு	7	00
44.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்	பு. வி. சீனிவாசன்	6	25

வரலாறு

*45.	பிரிட்டன் வரலாறு—I	கி. ர. அனுமந்தன்	4	50
*46.	,, II	,,	3	50
*47.	,, III	,,	7	25
*48.	ஐரோப்பிய வரலாறு—I (கி.பி. 395—1500)	டி. வி. சொக்கப்பா	3	75
*49.	,, II (கி.பி. 1500 முதல்)	என். ஜே. இராஜகோபால்	5	50
50.	ஐரோப்பா—கடந்த ஐந்து நூற்றாண்டுகாலச் சரித்திரம்	வை. கிருத்திகிரீசன்	9	50
51.	இங்கிலாந்து வரலாறு—I	இரா. அண்ணாமலை	13	00
52.	,, II	பா. மாணிக்கவேலு	13	00
53.	,, III	என். ஜே. இராஜகோபால்	8	00
54.	,, IV	,,	8	00

* மூல நூல் (Original Book)

வரலாறு—(தொடர்ச்சி)

				ரூ.	காசு
55.	இங்கிலாந்தின் வரலாறு—I	...	க. த. திருநாவுக்கரசு	... 15	00
56.	,, II	...	எம். எக்ஸ். மிராண்டா	... 8	00
57.	,, III	...	,,	... 5	00
58.	இந்தியாவின் சிறப்பு வரலாறு—I	...	தி. வெ. குப்புசாமி	... 7	50
59.	,, II	...	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	... 6	00
60.	,, III	...	அ. பாண்டுரங்கன்	... 7	25
61.	கிரேக்கநாட்டு வரலாறு—I	...	சைமன் ஐ. எஸ். பாக்கியநாதன்	... 7	50
62.	,, II	...	,,	... 7	00
63.	,, III	...	பி. இராமானுஜம் தேவதாஸ்	... 7	75
64.	ஆக்ஸ்போர்டின் இந்திய வரலாறு—I	...	தி. வெ. குப்புசாமி	... 8	25
65.	,, II	...	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	... 7	50
66.	,, III	...	க. த. திருநாவுக்கரசு	... 10	50
67.	முகலாயப் பேரரசு—I	...	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப், எம். எக்ஸ். மிராண்டா	... 7	50
68.	,, II	...	எம். எக்ஸ். மிராண்டா, பா. மாணிக்கவேலு	... 7	75
69.	ஆங்கில அரசியலமைப்பின் வரலாறு—I	...	வை. விருத்தகிரீசன்	... 7	50
70.	,, II	...	வை. விருத்தகிரீசன், இரா. அண்ணாமலை	... 6	75
71.	,, III	...	இரா. அண்ணாமலை, பா. மாணிக்கவேலு	... 6	50
72.	,, IV	...	பா. மாணிக்கவேலு	... 7	00
73.	ஆங்கிலேயரின் சமுதாய வரலாறு—I	...	சி. எ. இராமச்சந்திரன்	... 6	50
74.	,, II	...	சி. எ. இராமச்சந்திரன், இரா. ஆலாலசுந்தரம்	... 6	75
75.	,, III	...	ஆர். ஆலாலசுந்தரம்	... 6	50

வரலாறு (தொடர்ச்சி)

76.	இந்தியாவில் முகலாயரின் ஆட்சி—I	பா. மாணிக்கவேலு	5	00
77.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	6	00

அரசியல்

*78.	அரசியல் அமைப்புகள்	ஜே. இராமச்சந்திரன்	4	62
*79.	அரசாங்கத்தின் வரலாறு	மோ. இளாரன்சு, டி. டி. பெலிக்ஸ்	7	50
*80.	இந்திய அரசியலமைப்பு	வீ. கண்ணையா	4	75
81.	அரசியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	டி. செல்லப்பா	8	50
82.	தற்கால அரசியல் அமைப்புகள்	மோ. வள்ளுவன் இளாரன்சு	8	50
83.	பன்னாட்டு அரசியல்—I	திருமதி நூர்ஜஹான் பாவா	16	00
84.	,, II	,,	13	25
85.	பொதுத்துறை ஆட்சி இயல்—I	வீ. கண்ணையா	9	00
86.	,, II	அ. ஜெகதீசன்	7	25
87.	பொதுத்துறை ஆட்சியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	வீ. கண்ணையா	7	50
88.	,, II	டி. செல்லப்பா	7	50
89.	இந்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம்	தி. வெ. குப்புசாமி, எஸ். சுப்பிரமணியன்	9	25
90.	இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி—I	வீ. கண்ணையா	6	25
91.	,, II	வீ. கண்ணையா, கி. ர. அனுமந்தன்	5	75
92.	,, III	கி. ர. அனுமந்தன்	7	25
*93.	மக்கள் ஆட்சி	க. சந்தானம்	4	25

* மூல நூல் (Original Book)

அரசியல் (தொடர்ச்சி)

			ரூ.	காசு
94.	1919 முதல் சர்வதேச உறவுகளும் உலக அரசியலும்—I ...	என். ஜே. இராஜகோபால் ...	7	75
95.	சமூக அரசியல் கொள்கையின் அடிப்படைகள்...	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு ...	7	00
96.	அரசியலமைப்புச் சட்ட ஆய்வுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I ...	பா. சூரியநாராயணன் ...	5	75
97.	,, II ...	பா. சூரியநாராயணன், கி. ர. அனுமந்தன் ...	6	00
98.	,, III ...	கி. ர. அனுமந்தன் ...	5	75

உளவியல்

99.	குழந்தை உளவியல்—I ...	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி ...	8	00
100.	,, II ...	,, ...	7	00
101.	உட்கவர் மனம் ...	சி. ந. வைத்தீஸ்வரன் ...	7	00
102.	இளையோர் உளவியல்—I ...	தி. இரா. அரங்கராசன் ...	12	00
103.	,, II ...	,, ...	9	00
104.	சமூக உளவியல் ...	என். வேதமணி மானுவேல் ...	9	25
105.	பிறழ்நிலை உளவியல் ...	அ. பெசன்ட் கிரீப்பர்ராஜ் ...	11	00
106.	பித்தரின் உள்ளம் ...	,, ...	3	00
*107.	குமர உள்ளம் ...	டாக்டர் மு. அறம் ...	6	25
*108.	உளநலவியல் ...	டாக்டர் தா. ஏ. சண்முகம் ...	6	00

தத்துவம்

109.	இந்து சமயத் தத்துவம் ...	ஞா. ராஜாபகதூர் ...	5	50
*110.	அறிவு ஆராய்ச்சி இயல் ...	ஆர். இராமானுஜாச்சாரி ...	3	50

*111.	மேலைநாட்டுத் தத்துவம்	... ஆர். எஸ். தேசிகன்	... 3	50
112.	அத்துவித தத்துவம்	... கோ. மோ. காந்தி	... 6	50
113.	ஆங்கிலேயப் பயன்வழிக் கொள்கையினர்	... மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	... 5	50
114.	இந்தியத் தத்துவம்—I	... வ. அ. தேவசேனபதி, ப. நா. சண்முகசுந்தரம்	... 3	50
115.	,, II	... ,,	... 6	00
116.	மெய்ப்பொருளியல்—ஓர் அறிமுகம்—I	... சி. இராமலிங்கம்	... 6	00
அறவியல்				
117.	அறவியல்—ஓர் அறிமுகம்	... கோ. மோ. காந்தி	... 8	50
அளவையியல்				
118.	அளவையியல் தொடக்க நூல்	... இ. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	... 2	50
மானிடவியல்				
*119.	மானிடவியல்	... ம. க. கோபாலகிருஷ்ணன்	... 4	75
120.	பண்பாட்டுக் கோலங்கள்	... இ. பூ. சுப்பிரமணியன்	... 5	50
121.	இந்தியாவில் குடியானவர் வாழ்க்கை	... எஸ். இலட்சுமி	... 3	50
சமூகவியல்				
122.	சமூகவியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள்	... ஜெ. நாராயணன்	... 10	50

* மூல நூல் (Original Book)

புவியியல்

			ரூ.	காசு
*123.	ஆசியா—I	கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	9	50
*124.	,, II	,,	8	75
*125.	ஐரோப்பாக் கண்டத்தின் புவியியல்	எ. எஸ். நாராயணன்	8	50
*126.	தென்கிழக்கு ஆசியா	ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி	8	50
*127.	வட அமெரிக்கா	குமாரி இரா. அலமேலு	6	50
*128.	தென் அமெரிக்கா	எம். என். பத்மநாபன்	9	00
*129.	தென் கண்டங்கள்—ஆஸ்திரேலியா	திருமதி எச். நியூமன்	3	00
*130.	,, —ஆப்பிரிக்கா	எஸ். முத்துக்கிருஷ்ணக் கரையாளர்	3	25
*131.	புவிப்புறவியல்—II	நா. அனந்தபத்மநாபன்	6	00
*132.	செய்முறைப் புவியியல்	சு. ஜெயச்சந்திரன்	5	50
*133.	மக்கட் பரப்பியல்	வி. எஸ். அனந்தபத்மநாபன்	4	75
*134.	சமுத்திரவியல்	கோ. இராமசாமி	6	50
135.	காலநிலை இயல்—I	கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	10	00
136	,, II	,,	5	00
*137.	காலநிலை இயல்—I	திருமதி இராதா	9	50
*138.	,, II	,,	8	00
139.	வளியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	கோ. இராமசாமி	5	50
*140.	புவி அமைப்பு இயல்	சி. விசுவநாதன்	4	75
141.	பௌதிகப் புவியியலும் புவியமைப்பியலும்	கோ. இராமசாமி	6	00
142.	சிஷோமின் வாணிகப் புவியியல்—I	எஸ். மாணிக்கம்	9	50
143.	,, II	ம. கார்த்திகேயன்	12	00

144.	சிஷோமின் வாணிகப் புவியியல் — III	... கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	... 5	75
புள்ளியியல்				
*145.	புள்ளியியல் — அறிமுகம்	... சு. வைத்தியநாதன்	... 10	75
146.	புள்ளியியல் முறைகள் — I	... கோ. சண்முகசுந்தரம்	... 10	00
147.	,, II	... கே. ஆர். இராஜகோபாலன்	... 14	00
148.	நம்மைச் சுற்றியுள்ள பேரண்டம்	... தி. வி. லட்சுமிநரசிம்மன்	... 6	50
உயர் கணிதம்				
*149.	ஆயத்தொலை வடிவகணிதம்	... டி. கே. மாணிக்கவாசகம் பிள்ளை	... 4	25
*150.	வகை நுண்கணிதம்	... ,,	... 3	00
*151.	தொகை நுண்கணிதம்	... தி. கோவிந்தராசன்	... 3	25
விலங்கியல்				
*152.	விலங்கியல்	... பெ. மா. அண்ணாமலை, இரா. முருகேசன்	... 12	00
பௌதிகவியல்				
153.	ஒளி நூல்	... ச. சம்பத்து	... 10	00
விஞ்ஞானம்				
*154.	வானவெளி வெற்றி	... டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	... 6	00
*155.	ரேடியோ	... டாக்டர் பி. திருஞானசம்பந்தம்	... 4	75

* மூல நூல் (Original Book)

விஞ்ஞானம் (தொடர்ச்சி)

				ரூ.	காசு
*156.	செல்-கதிர்கள்	... பெ. நா. அப்புசாமி, ஜே. பி. மாணிக்கம்	...	4	50
*157.	பாம்புகள்	... பெ. மா. அண்ணாமலை	...	3	50
*158.	தாவரம்-வாழ்வும் வரலாறும்	... டாக்டர் கு. சீனிவாசன்	...	8	00
*159.	எறும்பு	... ,, கு. பெரியசாமி	...	4	00
*160.	தாவரங்களின் வாழ்வியல்	... எஸ். சுந்தரம்	...	6	50

மருத்துவம்

*161.	நீரிழிவு - க்ஷயரோகம்	... டாக்டர் ஜி. வெங்கடசாமி, டாக்டர் ப. கதிரேசன்	...	2	50
162.	மகப்பேறும் மாதர் நோயும்	... டாக்டர் (குமாரி) த. மணிமேகலை	...	8	25
*163.	பாக்டீரியா	... சு. சுந்தரம்	...	2	50
164.	புற்றுநோய்	... அ. கதிரேசன்	...	3	50
165.	உடலியங்கியல் – I	... டாக்டர்கள் ஜி. வெங்கடசாமி, டி. சரோஜினி, எஸ். கே. துரைராஜ், ஆர். சேது	...	6	75
166.	,, II	... ,,	...	5	50
167.	எலும்புருக்கி நோய்	... டாக்டர் அ. கதிரேசன்	...	7	25

பொறியியல்

168.	நீங்களே உங்கள் வீட்டைக் கட்டலாம்	... கே. வி. கிருஷ்ணராஜ், பி. ஆர். சுப்பிரமணியம், கே. வேணுகோபால், ஆர். இராமசாமி	...	8	50

கூட்டுறவு

169.	உலகக் கூட்டுறவு இயக்கம்	... அ. வேல்மணி	...	5	50

சட்டம்				
*170.	குற்றவியல் சட்டம்	... டா. சண்முகசுப்பிரமணியம்	... 10	00
பொது நூல்கள்				
171.	மகாத்மா காந்தி	... சரஸ்வதி தங்கையன்	... 3	25
172.	விவசாயப் புரட்சி	... வி. கார்த்திகேயன்	... 8	00
173.	சேமக் கை-நூல்	... ஆ. சுப்பிரமணியன்	... 2	50
*174.	முற்காலச் சோழர் கலையும் சிற்பமும்	... எஸ். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம்	... 9	00
*175.	உணவும் ஊட்டமும்	... தி. வேங்கடகிருஷ்ண அய்யங்கார்	... 4	50
*176.	பள்ளி நிருவாக அமைப்பு—அடிப்படைக் கருத்துகள்	... எஸ். சந்தானம், எஸ். ஏ. துரைசிங்	... 6	25
புகுமுக (P.U.C.) வகுப்புகளுக்குரியவை				
*177.	உலக வரலாறு	... டி. ஆர். இராமச்சந்திரன்	... 4	00
*178.	பொருளாதாரம்	... ஜி. சிதம்பரம்	... 2	75
*179.	வணிகவியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	... கு. ஆளுடையபிள்ளை	... 2	50
*180.	,, II	... ,,	... 2	25
*181.	பௌதிகம்	... டாக்டர் பி. திருஞானசம்பந்தம், ஆர். நாகராஜன்	... 6	00
*182	புகுமுக பௌதிகம்	... டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	... 5	75
*183.	பௌதிகம்—ஓர் அறிமுகம்	... எஸ். சம்பத்	... 7	00
*184.	புகுமுக வகுப்புக் கணிதம்—I	... கே. இராஜகோபாலன்	... 7	00
*185.	,, II	... ,,	... 3	00

*மூல நூல் (Original Book)

புகுமுக (P.U.C.) வகுப்புகளுக்குரியவை (தொடர்ச்சி)

				ரூ.	காசு
*186.	புகுமுக வகுப்புக் கணித நூல்—I	...	டி. கோவிந்தராஜன், முத்துசாமி ...	7	00
*187.	,, II	...	,, ,, ...	4	50
*188.	கணிதம்—ஓர் அறிமுகம்- I	...	ஆர். மகாதேவன் ...	4	75
*189.	,, II	...	,, ...	3	25
*190.	வேதியியல்	...	பி. டி. முனியப்பா, ஆர். முத்துலட்சுமி ...	7	00
*191.	புகுமுக வேதியியல்	...	கி. ஏ. பத்மநாபன் ...	5	50
*192.	விலங்கியல்	...	எஸ். ஆப்ரகாம் ...	4	00
*193.	புகுமுக விலங்கியல்	...	பெ. மா. அண்ணாமலை ...	7	25
*194.	புகுமுக வகுப்புத் தாவரவியல்	...	எஸ். சுந்தரம் ...	4	00

பட்டப்படிப்பிற்குரிய (பி. எஸ்ஸி.) நூல்கள்

(அடக்கவிலைப் பதிப்புகள் — கழிவு இல்லை)

பௌதிகம் (Physics)

*195.	எந்திரவியல்—சிறப்புப் பாடம்—I	...	ஆர். நாகராசன் ...	6	25
*196.	,, II	...	,, ...	5	50
*197.	வெப்பவியல்—சிறப்புப் பாடம்	...	கே. நச்சிமுத்து ...	5	25
*198.	செய்முறை பௌதிகம்—சிறப்புப் பாடம்—I	...	டி. பாலசுந்தரம்; ஆர். கிருட்டிணசாமி ...	4	50
*199.	,, II	...	,, ...	3	25
*200.	பௌதிகம்—துணைப்பாடம்—I	...	பி. தங்கராஜன் ...	3	60
*201	,,	...	,, ...	3	00
202.	செய்முறை பௌதிகம்—துணைப் பாடம்	...	கே. பாஸ்கரன், இரா. செயராம் ...	4	50

*203.	மின்னியல் காந்தவியல்—சிறப்புப் பாடம்—I ...	டி. ஏ. கருப்பண்ணன்	... 4	75
*204.	,, II ...	,,	... 4	50
*205.	,, III ...	,,	... 4	25
*206.	ஒளியியல்—சிறப்புப் பாடம் ...	டாக்டர் வி. சண்முகசுந்தரம், ,, ஆர். ரமேசன்	... 7	75
*207.	பௌதிகம்—துணைப்பாடம் (பகுதி-2) (முதல் புத்தகம்) ...	கா. வே. சுப்பிரமணியம்	... 6	00
*208.	,, (இரண்டாம் புத்தகம்) ...	,,	... 4	50
*209.	பொது பௌதிகம்—சிறப்புப் பாடம் ...	கே. பி. கந்தசாமி, எம். தியாகசுந்தரம்	... 4	50
*210.	இன்றைய பௌதிகம்—சிறப்புப் பாடம் ...	எம். ஏ. தங்கராஜ்	... 6	75
*211.	ஒலி நூல்—சிறப்புப் பாடம் ...	டி. முருகையன்	... 5	00

வேதியியல் (Chemistry)

*212.	செய்முறைக் கனிம வேதியியல்— துணைப் பாடம் ...	டாக்டர் எஸ். முத்துக்குமாரசுவாமி	... 2	00
*213.	செய்முறைக் கனிம வேதியியல்— சிறப்புப் பாடம் ...	டி. இராமலிங்கம்	... 2	25
*214.	பௌதிக வேதியியல்—சிறப்புப் பாடம்—I ...	டி. சக்திவேலு	... 4	00
*215.	,, II ...	,,	... 3	50
*216.	கனிம வேதியியல்—துணைப் பாடம் ...	கி. ஏ. பத்மநாபன்	... 6	50
*217.	கனிம வேதியியல்—சிறப்புப் பாடம்—I ...	பி. டி. முனியப்பா	... 4	00
*218.	,, II ...	,,	... 4	25

*மூல நூல் (Original Book)

			ரூ.	காசு
வேதியியல் (தொடர்ச்சி)				
*219.	பொது பௌதிக வேதியியல்—துணைப் பாடம் ...	ஆர். துளசிதாஸ் ...	4	75
*220.	அறிமுறை வேதியியல்—சிறப்புப் பாடம்—I ...	டி. ஆர். சூரியநாராயணன் ...	4	50
*221.	,, II ...	,, ...	3	75
*222.	செய்முறைக் கரிம வேதியியல்-சிறப்புப்பாடம்...	என். ஆறுமுகம் ...	3	50
*223.	அங்கக வேதியியல்—துணைப் பாடம் ...	பி.எஸ். இராமசாமி ...	5	00
*224.	அங்கக வேதியியல்—I ...	எம். ஆட்கொண்டான் ...	3	00
*225.	கரிம வேதியியல்—பகுதி—I (இரண்டாம் புத்தகம்) ...	திரு. கண்ணபிரான் ...	4	75
*226.	,, (மூன்றும் புத்தகம்) ...	,, ...	3	25
*227.	கரிம வேதியியல்—பகுதி-II (முதல் புத்தகம்)...	,, ...	5	75
*228.	,, (இரண்டாம் புத்தகம்) ...	,, ...	6	00
கணிதம் (Mathematics) ...				
*229.	இயற்கணிதம்—சிறப்புப் பாடம்—I ...	டி. கோவிந்தராஜன், கே. முத்துசாமி ...	4	25
*230.	,, II ...	,, ...	3	25
*231.	தொகுமுறை வரைகணிதம்—சிறப்புப் பாடம்...	ஆர். மகாதேவன் ...	2	00
*232.	எண்சார் கணிதம்—சிறப்புப் பாடம் ...	எம். எம். இராமசாமி ...	5	50
*233.	திரிகோண கணிதம்—சிறப்புப் பாடம் ...	வி. அரங்கநாதன் ...	3	25
*234.	கணிதம்—துணைப் பாடம் ...	ஆர். அனுமந்தராவ் ...	6	00
*235.	நிலையியல்—சிறப்புப் பாடம் ...	கே. இராஜகோபாலன் ...	5	00
*236.	முப்பரிமாணப் பகுமுறை வடிவகணிதம்—சிறப்புப் பாடம் ...	கே. சிவசுப்பிரமணியன் ...	2	75

*237.	வெக்டர் கணிதமும் அதன் பயன்பாடுகளும்—சிறப்புப் பாடம் ...	ஆர். மகாதேவன்	... 2	00
*238.	கணிதம்—துணைப் பாடம்—பகுதி-2 ...	ஆர். அய்யாசாமி	... 5	75
*239.	வானியல்—சிறப்புப் பாடம்-(முதல்புத்தகம்)	தி. கோவிந்தராசன், கோ. முத்துசாமி	... 5	50
*240.	,, (இரண்டாம் புத்தகம்)...	,,	... 3	75
*241.	இயக்கவியல்—சிறப்புப் பாடம் ...	ஆர். மகாதேவன், கே. சிவசுப்பிரமணியம், பி. ஆர். சுப்பிரமணியம்	... 7	00

புள்ளியியல் (Statistics)

*242.	புள்ளியியல்—துணைப் பாடம் ...	எஸ். கருப்பையா	... 3	50

விலங்கியல் (Zoology)

*243.	முதுகெலும்பற்றவை-1—சிறப்புப் பாடம் ...	ஆர். முருகேசன்	... 6	00
*244.	,, 2 ,, ...	திருமதி எஸ். கே. வள்ளி	... 6	00
*245.	முதுகுநாணுள்ளவை-1—சிறப்புப் பாடம் ...	திருமதி ராணி கந்தசாமி	... 5	00
*246.	,, 2 ,, ...	,,	... 9	75
*247.	முதுகுத் தண்டுள்ளவை-2—சிறப்புப் பாடம் ...	திருமதி கிருஷ்ணவேணி நாராயணன்	... 5	75
*248.	முதுகெலும்பிகளது கருவியல்-சிறப்புப்பாடம்...	எஸ். ஆப்ரகாம்	... 9	00
*249.	முதுகெலும்பற்றவை—துணைப் பாடம் ...	என். இராமலிங்கம்	... 9	00
*250.	முதுகு நாணுள்ளவை—துணைப் பாடம் ...	வி. சேது	... 6	00
*251.	செல்லியல்—சிறப்புப் பாடம் ...	என். இராமலிங்கம்	... 5	50
*252.	மரபியல்—சிறப்புப் பாடம் ...	பெ. மா. அன்னுமலை	... 5	25

* மூல நூல் (Original Book)

விலங்கியல் (தொடர்ச்சி)

			ரூ.	காசு
*253.	சூழ்நிலையியல்—உடற் செயலியல்— சிறப்புப் பாடம்—I	டி. ஆர். கிருஷ்ணன்	4	75
*254.	,, ,, II	,,	6	50
*255.	பரிணாமம்	எஸ். ஆப்ரகாம்	6	25

தாவரவியல் (Botany)

*256.	தாவர வெளி, உள்ளமைப்பியல்களும் வகைப்பாட்டியலும்—சிறப்புப் பாடம்	கே. இராஜசேகரன்	11	00
*257.	தாவரப் புற அமைப்பியல்—சிறப்புப் பாடம்	கே. பாலச்சந்திரகணேசன்	9	25
*258.	தாவர உள்ளமைப்பியல்—சிறப்புப் பாடம்	டாக்டர் ஏ. கோவிந்தராஜுலு	7	25
*259.	தாவரங்களின் வாழ்க்கை—சிறப்புப் பாடம்	எஸ். சுந்தரம்	9	50
*260.	தாவரவியல்—துணைப் பாடம்	பா. இராசாராம்	4	50
*261.	தாவரச் சூழ்நிலையியல், மரபியல், உயிர்மருஉ இயல், இயங்கியல்—துணைப் பாடம்	கே. பெரியசாமி	4	00
*262.	சூழ்நிலையியல், பரிணாமம், மரபியல்— சிறப்புப் பாடம்	கே. ஆர். பாலச்சந்திரகணேசன்	8	25
*263.	டெரிடோஃபைட்டா, ஜிம்னோஸ்பெர்மே— சிறப்புப் பாடம்	கே. இராஜசேகரன்	10	25
*264.	தாலோஃபைட்டா (பாசிகளும் பூஞ்சைகளும்) —சிறப்புப் பாடம்	டாக்டர் வே. சோ. சுந்தரலிங்கம்	9	00
*265.	தாவர வகைப்பாட்டியல்—சிறப்புப் பாடம்	ஆ. சம்பத்குமார்	10	50
*266.	பிரையோஃபைட்டா—சிறப்புப் பாடம்	கே. இராஜசேகரன்	6	00

* மூல நூல் (Original Book)

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை

★

பின்வரும் பொருள்களில்

பட்டப்படிப்பிற்குரிய நூல்கள்

விரைவில் வெளிவரும்

—

கணிதம்	—	41	நூல்கள்
பௌதிகம்	—	28	,,
வேதியியல்	—	39	,,
தாவரவியல்	—	30	,,
விலங்கியல்	—	40	,,
பொறியியல்	—	50	,,
வரலாறு	—	45	,,
அரசியல்	—	34	,,
பொருளாதாரம்	—	83	,,
வணிகவியல்	—	36	,,
புள்ளியியல்	—	16	,,
உளவியல்	—	8	,,
புவியியல்	—	18	,,